

2355 1211

**OIPÉ** JC177  
JUL 17 2001  
PATENT & TRADEMARK OFFICE

Trade Appli

#3

~~TRADE~~ Application of:

)  
: Examiner: Unassigned

: Group Art Unit: 2857

:  
 )  
 :  
 ) July 17, 2001

) July 17, 2001

RECEIVED  
JUL 19 2001  
TC 2800 MAIL ROOM

RECEIVED  
JUL 19 2001  
TC 2800 MAIL ROOM

RECEIVED  
JUL 19 2001  
TC 2800 MAIL ROOM

RECEIVED  
JUL 19 2001  
TC 2800 MAIL ROOM

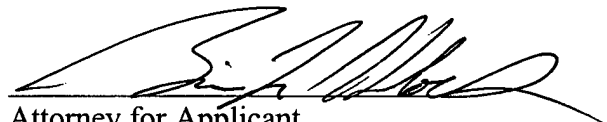
RECEIVED  
JUL 19 2001  
TC 2800 MAIL ROOM

RECEIVED  
JUL 19 2001  
TC 2800 MAIL ROOM

A certified copy of each of the priority documents is enclosed.

Applicants' undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C. office by telephone at (202) 530-1010. All correspondence should be directed to our below-listed address.

Respectfully submitted,

  
Attorney for Applicant

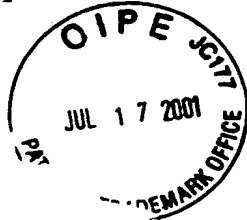
Registration No. 36,570

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO  
30 Rockefeller Plaza  
New York, New York 10112-3801  
Facsimile: (212) 218-2200

BLK/fdb

Apph. No. 09/818, 600

(translation of the front page of the priority document of  
Japanese Patent Application No. 2001-050990)



PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

This is to certify that the annexed is a true copy of the  
following application as filed with this Office.

Date of Application: February 26, 2001

Application Number : Patent Application 2001-050990

Applicant(s) : Mixed Reality Systems Laboratory Inc.

May 11, 2001

Commissioner,  
Patent Office

Kouzo OIKAWA

Certification Number 2001-3037584

RECEIVED  
JUL 19 2001  
TC 2800 MAIL ROOM

P 201-0075  
CFZ 00089

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 2月26日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-050990

出 願 人

Applicant(s):

株式会社エム・アール・システム研究所

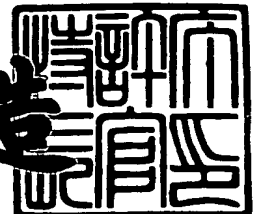


RECEIVED  
JUL 19 2001  
TC 2800 MAIL ROOM

2001年 5月11日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3037584

【書類名】 特許願

【整理番号】 MR12124

【提出日】 平成13年 2月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06F 7/00

【発明の名称】 情報処理装置、複合現実感提示装置及びその方法並びに  
記憶媒体

【請求項の数】 24

【発明者】

    【住所又は居所】 横浜市西区花咲町6丁目145番地 横浜花咲ビル 株  
    式会社エム・アール・システム研究所内

    【氏名】 佐藤 清秀

【発明者】

    【住所又は居所】 横浜市西区花咲町6丁目145番地 横浜花咲ビル 株  
    式会社エム・アール・システム研究所内

    【氏名】 武本 和樹

【発明者】

    【住所又は居所】 横浜市西区花咲町6丁目145番地 横浜花咲ビル 株  
    式会社エム・アール・システム研究所内

    【氏名】 大島 登志一

【発明者】

    【住所又は居所】 横浜市西区花咲町6丁目145番地 横浜花咲ビル 株  
    式会社エム・アール・システム研究所内

    【氏名】 内山 晋二

【発明者】

    【住所又は居所】 横浜市西区花咲町6丁目145番地 横浜花咲ビル 株  
    式会社エム・アール・システム研究所内

    【氏名】 穴吹 まほろ

【特許出願人】

【識別番号】 397024225

【氏名又は名称】 株式会社エム・アール・システム研究所

【代理人】

【識別番号】 100076428

【弁理士】

【氏名又は名称】 大塚 康德

【電話番号】 03-5276-3241

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2000-364231

【出願日】 平成12年11月30日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003458

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9712688

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 情報処理装置、複合現実感提示装置及びその方法並びに記憶媒体

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 計測対象の位置及び／または姿勢の計測を位置及び／または姿勢センサの出力値に基づいて行うときに必要な補正情報の導出を行う情報処理装置であって、

前記計測対象の位置及び／または姿勢が予め定められた位置及び／または姿勢に一致していることを入力する入力手段と、

前記入力手段の入力に応じて前記位置及び／または姿勢センサの出力値を取得する取得手段と、

前記予め定められた位置及び／または姿勢と、前記取得手段が取得した前記位置及び／または姿勢センサの出力値に基づいて、前記補正情報を導出する演算手段と

を備えることを特徴とする情報処理装置。

【請求項 2】 前記位置及び／または姿勢センサは前記計測対象に直接又は間接的に装着されており、前記センサの出力値は、センサ座標系における前記センサ自身の位置及び／または姿勢を表す情報であって、

前記補正情報は、センサ座標系における前記センサ自身の位置及び／または姿勢をセンサ座標系における前記計測対象の位置及び／または姿勢に変換する第 1 の座標変換情報と、センサ座標系の位置及び／または姿勢を世界座標系の位置及び／または姿勢へ変換する第 2 の座標変換情報を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の情報処理装置。

【請求項 3】 更に前記計測対象を前記予め定められた位置及び／または姿勢に誘導する誘導手段を備えることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の情報処理装置。

【請求項 4】 前記位置及び／または姿勢の計測は位置及び姿勢の計測であり、前記センサは位置及び姿勢センサであって、

前記演算手段は、前記第 1 の座標変換情報のうちの姿勢に関する情報と、前記

第 2 の座標変換情報のうちの位置に関する情報を求める処理を行うことを特徴とする請求項 2 に記載の情報処理装置。

【請求項 5】 前記位置及び／または姿勢の計測は姿勢のみの計測であり、前記センサは姿勢センサであって、

前記未知である情報は、前記第 1 の座標変換情報のうちのピッチ角及びロール角に関する情報と、前記第 2 の座標変換情報のうちのヨー角に関する情報であることを特徴とする請求項 2 に記載の情報処理装置。

【請求項 6】 前記位置及び／または姿勢の計測は姿勢のみの計測であり、前記センサは姿勢センサであって、

前記未知である情報は、前記第 2 の座標変換情報のうちのヨー角に関する情報であることを特徴とする請求項 2 に記載の情報処理装置。

【請求項 7】 前記計測手段は、磁界センサであることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 8】 前記計測対象は、表示画面に現実空間を光学的に透過させつつ当該表示画面に仮想空間を重畳表示する表示装置を観察するユーザの視点であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 9】 前記計測対象は、現実空間を撮像する撮像手段の視点であることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 10】 前記誘導手段は、  
物体の幾何情報を格納する幾何情報格納手段と、  
前記視点の前記予め定められた位置姿勢と、前記幾何情報格納手段に格納された前記物体の幾何情報に基づいて、前記ユーザが前記予め定められた位置姿勢において前記表示画面を観察した場合に前記表示画面上で観測されるであろう前記物体の 2 次元的な見え方を算出し、その像を映像として生成する映像生成手段と、

前記映像生成手段が生成した前記映像を前記表示画面に提示する映像提示手段とを備え、

前記表示画面を透過して観測される現実空間の像と、前記表示画面に表示される前記物体の像が、前記表示画面上において幾何的に整合するように前記ユーザ



の視点を移動させることで、前記予め定められた位置姿勢に前記ユーザの視点を移動させしめることを特徴とする、請求項 8 に記載の情報処理装置。

【請求項 1 1】 前記誘導手段は、

物体の幾何情報を格納する幾何情報格納手段と、

前記視点の前記予め定められた位置姿勢と、前記幾何情報格納手段に格納された前記物体の幾何情報に基づいて、前記撮像手段が前記予め定められた位置姿勢で現実空間を撮像した場合に撮像される映像上において観測されるであろう前記物体の 2 次元的な見え方を算出し、その像を、前記撮像手段によって撮像された現実空間の映像に重畳した重畳映像を生成する映像生成手段と、

前記映像生成手段が生成した前記重畳映像を操作者に提示する映像提示手段とを備え、

前記提示手段が提示する前記重畳映像上において、前記現実空間の映像とそこに重畳される前記物体の像が幾何的に整合するように、前記操作者が前記撮像手段を移動させることで、前記予め定められた位置姿勢に前記撮像手段の視点を移動させしめることを特徴とする、請求項 9 に記載の情報処理装置。

【請求項 1 2】 前記誘導手段は、

現実空間を撮像する撮像手段であって、前記計測対象と該撮像手段の視点との相対的な位置姿勢関係が既知である撮像手段と、

物体の幾何情報を格納する幾何情報格納手段と、

前記計測対象の前記予め定められた位置姿勢と前記相対的な位置姿勢関係から決定される前記撮像手段の視点の位置姿勢と、前記幾何情報格納手段に格納された前記物体の幾何情報に基づいて、前記撮像手段が前記視点位置姿勢で現実空間を撮像した場合に撮像される映像上において観測されるであろう前記物体の 2 次元的な見え方を算出し、その像を、前記撮像手段によって撮像された現実空間の映像に重畳した重畳映像を生成する映像生成手段と、

前記映像生成手段が生成した前記重畳映像を操作者に提示する映像提示手段とを備え、

前記提示手段が提示する前記重畳映像上において、前記現実空間の映像とそこに重畳される前記物体の像が幾何的に整合するように、前記操作者が前記撮像手

段を移動させることで、前記予め定められた位置姿勢に前記計測対象を移動させしめることを特徴とする、請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 13】 前記物体は現実空間内に配置されるマーカを含み、前記幾何情報は当該マーカの位置情報を含むことを特徴とする請求項 10 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 14】 前記物体は現実空間内で面積または体積を持つ物体であり、前記幾何情報は当該物体の形状情報を含むことを特徴とする請求項 10 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 15】 前記映像生成手段は、前記物体の像として、当該物体のワイヤフレームを描画する事を特徴とする、請求項 14 に記載の情報処理装置。

【請求項 16】 前記物体は現実空間に重畳表示するための仮想物体を含むことを特徴とする、請求項 10 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 17】 位置及び／または姿勢センサの出力値に基づいて、現実空間を撮像した映像に仮想空間を重畳描画して表示画面に表示する、あるいは、表示画面に現実空間を光学的に透過させつつ当該表示画面に仮想空間を重畳表示する複合現実感提示装置であって、

請求項 10 乃至 16 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置と、

複合現実感の提示を行う提示モードと補正情報の導出を行う導出モードを切替える切替え手段とを備え、

前記導出モードにおいて前記複合現実感提示に必要な補正情報の導出を行い、前記提示モードにおいて該補正情報を用いて複合現実感の提示を行うことを特徴とする複合現実感提示装置。

【請求項 18】 前記導出モードでは、前記提示モードにおける重畳内容に対して、重畳内容の一部あるいは全てをマーカ位置や物体のワイヤフレーム等に切替える、またはこれらを追加することを特徴とする請求項 17 に記載の複合現実感提示装置。

【請求項 19】 前記導出モードに用いる物体の幾何情報の一部あるいは全てを、前記提示モードと共用することを特徴とする請求項 17 乃至 18 のいずれ

か 1 項に記載の複合現実感提示装置。

【請求項 2 0】 前記導出モードと前記提示モードにおいて、表示手段を共用することを特徴とする請求項 1 7 乃至 1 9 のいずれか一項に記載の複合現実感提示装置。

【請求項 2 1】 計測対象の位置及び／または姿勢の計測を、前記計測対象の位置及び／又は姿勢を検出する位置及び／または姿勢センサの出力値に基づいて行うときに必要な補正情報の導出を行う情報処理方法であって、

前記計測対象の位置及び／または姿勢が予め定められた位置及び／または姿勢に一致していることを入力する入力工程と、

前記入力工程での入力に応じて前記位置及び／または姿勢センサの出力値を取得する取得工程と、

前記予め定められた位置及び／または姿勢と、前記取得工程で取得した前記位置及び／または姿勢センサの出力値に基づいて、前記補正情報を導出する演算工程と

を備えることを特徴とする情報処理方法。

【請求項 2 2】 位置及び／または姿勢センサの出力値に基づいて、現実空間を撮像した映像に仮想空間を重畳描画して表示画面に表示する、あるいは、表示画面に現実空間を光学的に透過させつつ当該表示画面に仮想空間を重畳表示する複合現実感提示方法であって、

請求項 2 1 に記載の情報処理方法と、

複合現実感の提示を行う提示モードと補正情報の導出を行う導出モードを切替える切替え工程とを備え、

前記導出モードにおいて前記複合現実感提示に必要な補正情報の導出を行い、前記提示モードにおいて該補正情報を用いて複合現実感の提示を行うことを特徴とする複合現実感提示方法。

【請求項 2 3】 請求項 2 1 に記載の情報処理方法を実行するプログラムコードを格納し、コンピュータが読み取り可能な記憶媒体。

【請求項 2 4】 請求項 2 2 に記載の複合現実感提示方法を実行するプログラムコードを格納し、コンピュータが読み取り可能な記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、計測対象の位置及び／または姿勢の計測を位置及び／または姿勢センサの出力値に基づいて行うときに必要な補正情報の導出を行う情報処理装置、位置及び／または姿勢センサの出力値に基づいて、現実空間を撮像した映像に仮想空間を重畳描画して表示画面に表示する、あるいは、表示画面に現実空間を光学的に透過させつつ当該表示画面に仮想空間を重畳表示する複合現実感提示装置、及びその方法並びに記憶媒体に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、複合現実感（以下、「MR」（Mixed Reality）と称す）に関する研究が盛んに行われている。MRとは現実空間と仮想空間の繋ぎ目のない結合を目的とし、バーチャルリアリティ（以下、VRと称す）において重要な技術である。

【0003】

MRは従来、現実空間と切り離された状況でのみ体験可能であったVRの世界と現実空間の共存を目的とし、VRを増強する技術として注目されている。

【0004】

MRには、ビデオカメラなどの撮影装置で撮影された現実空間の映像に仮想空間（たとえばコンピュータグラフィックス（以下、CGと称す）により描画された仮想物体や文字情報など）の映像を重畳表示するビデオシースルー方式と、表示装置に現実空間を光学的に透過させつつ、その表示画面に仮想空間の映像を重畳表示する光学シースルー方式がある。

【0005】

MRの応用としては、患者の体内の様子を透視しているかのように医師に提示する医療補助の用途や、工場において製品の組み立て手順を実物に重ねて表示する作業補助の用途など、今までのVRとは質的に全く異なった新たな分野が期待されている。

## 【0006】

これらの応用に対して共通に要求されるのは、現実空間と仮想空間の間の位置姿勢合わせをいかにして行うかという技術であり、従来から多くの取り組みが行われてきた。

## 【0007】

ビデオシースルー方式のMRにおける位置姿勢合わせの問題は、現実空間に設定した世界座標系(以後、単に世界座標系と呼ぶ)におけるビデオカメラの3次元位置姿勢を正確に求める問題に帰結される。また光学シースルー方式のMRにおける位置姿勢合わせの問題は、同様に世界座標系におけるユーザの視点の3次元位置姿勢を求める問題といえる。

## 【0008】

これらの問題を解決する方法として、磁気センサや超音波センサなどの3次元位置姿勢センサを利用して、世界座標系におけるビデオカメラやユーザの視点の3次元位置姿勢を導出することが一般的に行われている。

## 【0009】

3次元位置姿勢センサが出力する出力値は、例えば磁気センサの場合は、後述の交流磁界発生源の位置を中心として定義される座標系であるところのセンサ座標系におけるセンサ自身の3次元位置姿勢であり、計測対象であるところの世界座標系におけるビデオカメラやユーザの視点の3次元位置姿勢ではない。すなわち、センサ出力値をそのまま世界座標系におけるビデオカメラやユーザの視点の3次元位置姿勢として用いることはできず、何らかの座標変換が必要となる。以下では、センサ出力値と世界座標系におけるビデオカメラやユーザの視点の3次元位置姿勢との間の座標変換を行うためのデータをキャリブレーションデータ(補正情報)と呼ぶこととする。また、キャリブレーションデータを前もって設定、あるいは算出する過程をキャリブレーションと呼ぶこととする。正確なキャリブレーションが行われることで初めて、3次元位置姿勢センサの出力を世界座標系におけるビデオカメラやユーザの視点の3次元位置姿勢に変換することが可能となり、MRにおける正確な位置姿勢合わせが実現される。

## 【0010】

【発明が解決しようとする課題】

しかしキャリブレーション、すなわち、

- ・世界座標系におけるセンサ座標系の位置姿勢（センサの出力を世界座標系におけるセンサの位置姿勢に変換するための情報）の取得

- ・センサから見た計測対象（カメラ、或いは観察者の視点）の位置姿勢（センサの位置姿勢を、計測対象の位置姿勢に変換するための情報）の取得

が困難であった。

【 0 0 1 1 】

本発明は以上の問題に鑑みてなされたものであり、センサ座標系を世界座標系に変換するための情報や、センサの位置姿勢を計測対象の位置姿勢に変換するための情報を取得することを目的とする。

【 0 0 1 2 】

【課題を解決するための手段】

本発明の目的を解決する為に、例えば本発明の情報処理装置は以下の構成を備える。

【 0 0 1 3 】

すなわち、計測対象の位置及び／または姿勢の計測を位置及び／または姿勢センサの出力値に基づいて行うときに必要な補正情報の導出を行う情報処理装置であって、

前記計測対象の位置及び／または姿勢が予め定められた位置及び／または姿勢に一致していることを入力する入力手段と、

前記入力手段の入力に応じて前記位置及び／または姿勢センサの出力値を取得する取得手段と、

前記予め定められた位置及び／または姿勢と、前記取得手段が取得した前記位置及び／または姿勢センサの出力値に基づいて、前記補正情報を導出する演算手段と

を備える。

【 0 0 1 4 】

本発明の目的を解決する為に、例えば本発明の複合現実感提示装置は以下の構

成を備える。

【0015】

すなわち、位置及び／または姿勢センサの出力値に基づいて、現実空間を撮像した映像に仮想空間を重畳描画して表示画面に表示する、あるいは、表示画面に現実空間を光学的に透過させつつ当該表示画面に仮想空間を重畳表示する複合現実感提示装置であって、

請求項10乃至16のいずれか1項に記載の情報処理装置と、

複合現実感の提示を行う提示モードと補正情報の導出を行う導出モードを切替える切替え手段とを備え、

前記導出モードにおいて前記複合現実感提示に必要な補正情報の導出を行い、前記提示モードにおいて該補正情報を用いて複合現実感の提示を行う。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下添付図面を参照して、本発明を好適な実施形態に従って詳細に説明する。

【0017】

〔第1の実施形態〕

以下、本発明の情報処理装置及びその方法をゲーム装置のキャリブレーションを行う装置及びその方法に適用し、更に例えば、MR技術を利用したエア－ホッケーゲーム装置に適用する場合の詳細を説明する。

【0018】

エア－ホッケーゲームは相手の存在する対戦型のゲームであり、通常下部から圧縮空気を供給してパックを浮かして、このパックを打ち合い、相手のゴールにパックを入れたら得点が入る。得点の多い方を勝者とするゲームである。本実施形態のMR技術を適用したエア－ホッケーゲームは、パックを仮想3次元画像として現実環境のテーブルに重畳してプレーヤに提示して、現実のマレットで打ち合うものである。

【0019】

＜ゲーム装置の構成＞

第1図は、本実施形態のシステムのゲーム装置部分を側面から見た図である。

MR技術を使ったエアホッケーゲームは、テーブル1000を挟んで、二人の対戦者2000, 3000が手にマレット(260L, 260R)をもって向かい合う。二人の対戦者2000, 3000は頭部にヘッドマウントディスプレイ210L, 210R(以下HMDと略す)を装着する。本実施形態のマレット(260L, 260R)はその先端に赤外線発光器を有しており、マレットの位置検出には赤外線発光器から発せられた赤外線を用いる。その詳細については後述する。又その他のマレットの位置検出方法としてマレットの形状や色に特徴があるのであれば、それらの特徴を用いたパターン認識により行っても良い。

#### 【0020】

本実施形態のHMD210L, 210Rは、第3図に示すようにシースルー型である。同図に示すHMDについての詳細な説明は後述する。両対戦者2000, 3000はHMD210L, 210Rを装着していてもテーブル1000の表面を観察することができる。またHMD210L, 210Rには後述の画像処理システムから3次元仮想画像が入力される。従って、対戦者2000, 3000は、HMD210L, 210Rの光学系(第1図には不図示)を通した現実空間の映像に重ねて、HMD210L, 210Rの表示画面に表示された3次元仮想画像を見ることとなる。

#### 【0021】

第2図は、左側プレーヤ2000が自身のHMD210Lからみた映像を示す。二人のプレーヤは仮想映像によるパック1500を打ち合う。パック1500を打つのはプレーヤ2000が手に握っている現実のマレット260Lを用いる。プレーヤ2000は手にマレット260Lを握っている。相手プレーヤ3000の直前には仮想のゴール1200Rが見える。画像処理システム(第2図には不図示)は、ゴール1200Rが相手方近傍に見えるように、3次元CGを生成してHMD210Lに表示する。

#### 【0022】

対するプレーヤ3000も、HMD210Rを介してプレーヤ3000の近傍に仮想のゴール(不図示)を見ることとなる。パック1500も不図示の画像処理システ



ムにより生成されて、各々のHMDに表示される。

【0023】

＜磁気センサつきHMD＞

第3図は、HMD210の構成を示す。このHMD210はシースルー型のHMDで、例えば特開平7-333551号公報のHMDの本体に、磁気センサ220を支柱221を介して取り付けたものである。図中、211はLCD表示パネルである。LCD表示パネル211からの光（観察者に対して提供される映像）は、光学部材212に入射し、全反射面214にて反射して、凹面ミラー213の全反射面にて反射して、全反射面214を透過して観察者の目に届く。

【0024】

磁気センサ220は観察者の視点の位置姿勢を計測する。磁気センサは磁気ノイズに弱いので、支柱221により、ノイズ発生源である表示パネル211から離間した。

【0025】

尚、第3図に示したHMD210に磁気センサ220を取り付ける構成は光学的シースルー方式のHMDに限らず、ビデオシースルー方式のHMDであっても、ビデオカメラの視点の位置姿勢を検出する目的で、磁気センサをそのHMDに装着することは可能である。

【0026】

第1図において、夫々のHMD210L、210Rはバンド（不図示）によってプレーヤ2000、3000の頭部に固定される。プレーヤの夫々の頭部には第1、3図に示すように磁気センサ220（220L、220R）、撮像手段としてのCCDカメラ240（240L、240R）が、それぞれ固定されている。カメラ240の視界はプレーヤの前方に設定されている。エアーホッケーゲームの場合には、それぞれテーブル1000の上面を見ることとなるので、カメラ240もテーブル1000の表面を撮像する。交流磁界発生源250は、磁気センサ220を計測範囲に含むような、任意の位置に固定されている。磁気センサ220は、交流磁界発生源250が発する交流磁界の変化をセンスする。

【0027】

図1に不図示の位置姿勢計測部5000は、磁気センサ220がセンスした交流磁界の変化に応じて、交流磁界発生源250の位置を中心として定義されるセンサ座標系8010における磁気センサ220の位置姿勢を計測する。図1に不図示の位置姿勢変換部5060(5060L, 5060R)は、図1に不図示のキャリブレーションデータ記憶部5080(5080L, 5080R)が記憶しているキャリブレーションデータ(これは、後に述べるキャリブレーション手法によって獲得される)に基づいて、センサ座標系8010における磁気センサ220の位置姿勢を、世界座標系8000におけるプレーヤの視点の位置姿勢に変換する。尚、本実施形態では、磁気センサ220、交流磁界発生源250、位置姿勢計測部5000として、Polhemus社製の位置姿勢計測システムFastrakを使用した。また、位置姿勢変換部5060及びキャリブレーションデータ記憶部5080は、例えばSGI社製のコンピュータシステムONYX2により構成される。

プレーヤがテーブル1000の表面を見るために斜め下方を向くと、プレーヤの視点の位置姿勢の変化は磁気センサ220により検知され、この検知された位置姿勢の変化に基づいてHMD210を通した視界には、テーブル1000の表面と、前述の仮想のバック1500、現実のマレット260(260L, 260R)、仮想のゴール1200(1200L, 1200R)が見える。このように常にプレーヤの視点の位置姿勢の変化は磁気センサ220により検知され、検知された位置姿勢に基づいた映像及び現実空間をプレーヤは見ることになる。

【0028】

尚、本明細書では、ある座標系Aにおける対象Bの位置姿勢を、 $4 \times 4$ の行列 $M_{BA}$ で記述することとする。これは言い換えれば、座標系Aから対象Bが定義する座標系Bへの座標変換行列であり、座標系Aにおける座標 $P_A = (X_A, Y_A, Z_A, 1)^T$ を座標系Bにおける座標 $P_B = (X_B, Y_B, Z_B, 1)^T$ に変換する変換式、 $P_B = M_{BA} P_A$ を定義するものである。すなわち、世界座標系8000におけるプレーヤの視点1901の位置姿勢 $M_{VW}$ は、世界座標系8000における座標 $P_W = (X_W, Y_W, Z_W, 1)^T$ をプレーヤの視点座標系における座標 $P_V = (X_V, Y_V, Z_V, 1)^T$ に変換するための座標変換行列

( $P_V = M_{VW} P_W$ ) と言い換えることもできる。

【0029】

又、対象の位置姿勢を示す変換行列Mは、X軸まわりの回転行列 $R_X$ 、Y軸まわりの回転行列 $R_Y$ 、Z軸まわりの回転行列 $R_Z$ と、平行移動行列T（いずれも $4 \times 4$ ）の積により構成されており、 $M = R T = R_Z R_X R_Y T$ の関係が成立している。これらの行列はそれぞれ、

【0030】

【数1】

$$(x, y, z) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -x \\ 0 & 1 & 0 & -y \\ 0 & 0 & 1 & -z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【0031】

【数2】

$$R_x(\theta_x) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_x & \sin \theta_x & 0 \\ 0 & -\sin \theta_x & \cos \theta_x & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【0032】

【数3】

$$R_y(\theta_y) = \begin{bmatrix} \cos \theta_y & 0 & -\sin \theta_y & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin \theta_y & 0 & \cos \theta_y & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【0033】

【数 4】

$$R_z(\theta_z) = \begin{bmatrix} \cos \theta_z & \sin \theta_z & 0 & 0 \\ -\sin \theta_z & \cos \theta_z & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

で表される。ここで  $x$ 、 $y$ 、 $z$ 、 $\theta_x$ 、 $\theta_y$ 、 $\theta_z$  は対象の位置姿勢を表わしており、 $x$ 、 $y$ 、 $z$  は位置、 $\theta_x$  は仰角、 $\theta_y$  は方位角、 $\theta_z$  は傾きを示している。

【0 0 3 4】

次に、図 1 9 を用いて、位置姿勢変換部 5 0 6 0 L において、世界座標系 8 0 0 0 におけるプレーヤ 2 0 0 0 の視点 1 9 0 1 の位置姿勢  $M_{VW}$  を求める方法を説明する。

【0 0 3 5】

同図において、世界座標系 8 0 0 0 における交流磁界発生源 2 5 0 の位置姿勢（これはすなわち世界座標系 8 0 0 0 におけるセンサ座標系 8 0 1 0 の位置姿勢に相当する）を  $M_{TW}$ 、センサ座標系 8 0 1 0 における磁気センサ 2 2 0 L の位置姿勢を  $M_{ST}$ 、磁気センサ 2 2 0 L から見たプレーヤ 2 0 0 0 の視点 1 9 0 1 の相対的な位置姿勢を  $M_{VS}$  とする。

【0 0 3 6】

このとき、世界座標系 8 0 0 0 におけるプレーヤ 2 0 0 0 の視点 1 9 0 1 の位置姿勢  $M_{VW}$  は、以下の式で示すことができる。

【0 0 3 7】

$$M_{VW} = M_{VS} \cdot M_{ST} \cdot M_{TW} \quad (\text{式 A})$$

これらの位置姿勢のうち、 $M_{ST}$  が位置姿勢変換部 5 0 6 0 L への入力、 $M_{VW}$  が位置姿勢変換部 5 0 6 0 L からの出力であり、 $M_{VS}$  及び  $M_{TW}$  が、 $M_{ST}$  を  $M_{VW}$  に変換するために必要なキャリブレーションデータに相当する。すなわち、位置姿勢変換部 5 0 6 0 L は、位置姿勢計測部 5 0 0 0 からの入力  $M_{ST}$  と、後に述べるキャリブレーションデータ記憶部 5 0 8 0 L に記憶されている  $M_V$

$S$  及び  $M_{TW}$  を用いて、(式 A) に基づいて  $M_{VW}$  を算出し、これを後に述べる画像生成部 5050L へと出力する。

【0038】

#### ＜キャリブレーション時の装置の構成＞

第20図は本実施形態のゲーム装置のキャリブレーションを行う際の装置構成を示している。同図に示したように、キャリブレーションにおいては、ゲーム体験時の装置構成を殆どそのまま使用する。具体的には、交流磁界発生源 250、磁気センサ 220L、位置姿勢計測部 5000、HMD 210L はゲーム体験時と同様の配置で使用され、位置姿勢変換部 5060L 及び画像生成部 5050L に代わって、キャリブレーション部 5055L 及び指示部 5090 が追加された構成となる。

【0039】

第4図は、キャリブレーションを行う場合の概要を示している。キャリブレーションは、HMD 210L を装着したプレーヤの視点 1901 の位置姿勢  $M_{VW}$  をある予め定めた位置姿勢  $M^0_{VW}$  に移動させて（あるいは、プレーヤが HMD 210L を装着した際にプレーヤの視点 1901 が位置姿勢  $M^0_{VW}$  に位置するであろう位置姿勢に、不図示の操作者が HMD 201L を移動させて）、その時点での位置姿勢計測部 5000 の出力  $M^0_{ST}$  を取得することで行われる。プレーヤあるいは不図示の操作者は、指示部 5090L を用いて、視点 1901 が位置姿勢  $M^0_{VW}$  に位置していることを入力する。キャリブレーション部 5055L は、指示部 5090L への入力に従って、その時点（すなわち、視点 1901 が位置姿勢  $M^0_{VW}$  に位置している時点）における位置姿勢計測部 5000 の出力  $M^0_{ST}$  を入力し、位置姿勢  $M^0_{VW}$  と位置姿勢  $M^0_{ST}$  に基づいてキャリブレーションデータ  $M_{VS}$  及び  $M_{TW}$  のうちの未知の値を算出し、キャリブレーションデータ記憶部 5080L に出力する。

【0040】

尚、本実施形態では、世界座標系からセンサ座標系への座標変換行列  $M_{TW}$  は何らかの手法（例えば後述する方法）により導出されおり、未知のキャリブレーションデータは  $M_{VS}$  のみであると仮定する。キャリブレーションデータ記憶部

5 0 8 0 L は、キャリブレーション部 5 0 5 5 L から入力したキャリブレーションデータ  $M_{VS}$  を記憶するとともに、 $M_{TW}$  を既知の値として記憶する。キャリブレーションデータ記憶部 5 0 8 0 L に記憶された変換行列  $M_{VS}$  及び  $M_{TW}$  は、ゲーム体験時において位置姿勢変換部 5 0 6 0 L によって参照される。

【 0 0 4 1 】

キャリブレーショングリッド 6 0 0 0 は、現実空間上の固定位置に配置可能であり、HMD 2 1 0 L を移動させるための目安となる規定の位置をグリッド上に有している。このグリッドの固定位置とグリッド上の既定の位置は、キャリブレーショングリッド 6 0 0 0 を固定位置に配置し、その既定の位置に HMD 2 1 0 L を移動させた場合に、HMD 2 1 0 L を装着したプレーヤの視点 1 9 0 1 が位置姿勢  $M^0_{VW}$  付近に位置するように設定されている。キャリブレーショングリッド 6 0 0 0 は磁気センサ 2 2 0 L が交流磁界発生源 2 5 0 の出力する交流磁界を受信する時に影響を受けないように例えば複数のプラスチックパイプを組み上げて出来ているものであり、視点 1 9 0 1 が位置姿勢  $M^0_{VW}$  に位置する事を補助する役割を有している。

【 0 0 4 2 】

テーブル 1 0 0 0 上には、世界座標系における位置の既知なマーカ 1 6 0 0 ( 1 6 0 0 a, 1 6 0 0 b, . . . ) が設置される。これらのマーカは、後述するキャリブレーション部 5 0 5 5 L の処理において、視点 1 9 0 1 が位置姿勢  $M^0_{VW}$  に位置する事を補助するために使用される。なお本実施形態ではマーカ 1 6 0 0 を 4 個使っているが、このマーカの数に限定されるものではなく、複数のマーカを使用した状況でも適応可能である。

【 0 0 4 3 】

次に、キャリブレーション部 5 0 5 5 L の処理の詳細について述べる。第 5 図は、本実施形態におけるキャリブレーション部 5 0 5 5 L の詳細な構成を示した図である。尚、キャリブレーション部 5 0 5 5 L は、例えばコンピュータシステム ONYX 2 により構成される。

【 0 0 4 4 】

第 5 図に示すように、キャリブレーション部 5 0 5 5 L は、メモリ 5 0 4 5 L

、仮想マーカ映像生成部 5075L、マーカ位置記憶部 5035L、キャリブレーションデータ算出部 5040L から構成されている。

【0045】

マーカ位置記憶部 5035L は、マーカ 1600 の世界座標系における位置を記憶しており、仮想マーカ映像生成部 5075L にマーカ位置を出力する。

【0046】

メモリ 5045L は、予め定めた視点 1901 の位置姿勢  $M^0_{VW}$  を記憶する。

【0047】

仮想マーカ映像生成部 5075L は、マーカ位置記憶部 5035L に記憶されているマーカ位置と、メモリ 5045L 内に格納された視点 1901 の位置姿勢  $M^0_{VW}$  を元に、視点 1901 が位置姿勢  $M^0_{VW}$  に位置した場合にプレーヤが観測するであろう各マーカの表示面上における位置を計算し、その位置に例えば × 印を描画した仮想映像を生成し、表示部 210L に表示させる。

【0048】

表示部 210L は、現実空間のマーカ 1600 を光学的に透過させつつ、仮想マーカ映像生成部 5075L が生成するマーカの仮想映像を表示する。視点位置 1901 が位置姿勢  $M^0_{VW}$  に位置していれば、プレーヤが観察する現実空間のマーカの像とマーカの仮想映像が一致するはずである。

【0049】

指示部 5090L は、前述のように、プレーヤあるいは不図示の操作者の入力により、視点 1901 が位置姿勢  $M^0_{VW}$  に位置していること検知し、キャリブレーションデータ算出処理の実行の指示をキャリブレーションデータ算出部 5040L へと送信する。プレーヤは、表示部 210L に表示されたマーカの仮想映像と、表示部 210L を光学的に透過して観察される現実空間のマーカの像を、HMD 210L の（すなわち視点 1901 の）回転と平行移動によって重ね合わせて、十分に重なった時点で、例えば特定のキーを押すといった指示部 5090L への入力を行う。

【0050】

キャリブレーションデータ算出部 5 0 4 0 L は、指示部 5 0 9 0 L より入力される指示に従って、指示が入力された時点（すなわち、視点 1 9 0 1 が位置姿勢  $M^0_{VW}$  に位置している時点）における位置姿勢計測部 5 0 0 0 の出力  $M^0_{ST}$  を入力し、さらに、メモリ 5 0 4 5 L 内に格納された位置姿勢  $M^0_{VW}$  と、キャリブレーションデータ記憶部 5 0 8 0 L に格納された位置姿勢  $M_{TW}$  を入力する。

【 0 0 5 1 】

ここで、キャリブレーションデータ算出部 5 0 4 0 L で処理されるデータの間には、（式 A）より、

$$M^0_{VW} = M_{VS} \cdot M^0_{ST} \cdot M_{TW} \quad (\text{式 B})$$

の関係が成立する。ここで、（式 B）を変形すると、

$$M_{VS} = M^0_{VW} \cdot M_{TW}^{-1} \cdot M^0_{ST}^{-1} \quad (\text{式 C})$$

となる。キャリブレーションデータ算出部 5 0 4 0 L は、（式 C）に基づいて未知のキャリブレーションデータ  $M_{VS}$  を算出し、キャリブレーションデータ記憶部 5 0 8 0 L に出力する。

【 0 0 5 2 】

第 6 図は本実施形態のキャリブレーション装置の処理のフローチャートを示したものである。なお、同フローチャートに従ったプログラムコードは本実施形態の装置内の不図示の RAM や ROM などのメモリ内に格納され、不図示の CPU により読み出され、実行される。

【 0 0 5 3 】

ステップ S 1 0 4 0 において、上述の方法で仮想マーカ映像生成部 5 0 7 5 L がマーカの仮想映像を生成し、表示部 2 1 0 L に表示させる。ステップ S 1 0 4 0 で表示部 2 1 0 L に表示された画像を示しているのが図 7 A である。図中の X マークが各マーカの仮想映像を表している。また、現実空間に設置してあるマーカ 1 6 0 0 は、表示部 2 1 0 L を光学的に透過してプレーヤに観測される。この時の表示部 2 1 0 L においてプレーヤが観測する像を図 7 B で示している。

【 0 0 5 4 】

そして、ステップ S 1 0 7 0 でマーカの仮想映像と実物のマーカの像の位置を



HMD 2 1 0 L の（すなわち視点 1 9 0 1 の）平行移動または回転によりの確に重ね合わせる。（図 7 C の状態）

そしてステップ S 1 0 8 0 において重ね合わせが的確な時点で指示部 5 0 9 0 L を操作する。

【 0 0 5 5 】

ステップ S 1 0 9 0 において、上述の方法によりキャリブレーションデータ算出部 5 0 4 0 L が座標変換行列  $M_{VS}$  を計算し、キャリブレーションデータ記憶部 5 0 8 0 L に出力する。

【 0 0 5 6 】

＜世界座標系におけるセンサ座標系の位置姿勢  $M_{TW}$  の導出＞

世界座標系 8 0 0 0 におけるセンサ座標系 8 0 1 0 の位置姿勢  $M_{TW}$  を求める方法について以下に説明する。

【 0 0 5 7 】

キャリブレーショングリッド 6 0 0 0 を現実空間上の固定位置に配置し、キャリブレーショングリッド 6 0 0 0 上の規定の位置（測定点）に磁気センサ 2 2 0 L を配置する。この規定の位置は複数あり、本実施形態ではキャリブレーショングリッド 6 0 0 0 上の 3 点において磁気センサ 2 2 0 L の出力を測定する。磁気センサ 2 2 0 L により測定された結果はキャリブレーション部 5 0 5 5 L に入力される。

【 0 0 5 8 】

キャリブレーション部 5 0 5 5 L では、磁気センサ 2 2 0 L により測定された 3 点の計測値に基づいて世界座標系 8 0 0 0 におけるセンサ座標系 8 0 1 0 の位置姿勢  $M_{TW}$  を算出し、第 5 図のキャリブレーションデータ記憶部 5 0 8 0 に格納する。

【 0 0 5 9 】

キャリブレーション部 5 0 5 5 L において、位置姿勢  $M_{TW}$  を求める方法の詳細について以下説明する。

【 0 0 6 0 】

第 1 8 図は磁気センサによる磁気センサの位置姿勢の測定方法について説明す

る概念図である。世界座標系の原点を $O_W$ 、世界座標系の $x$ 、 $y$ 、 $z$ 軸を夫々 $X_W$ 、 $Y_W$ 、 $Z_W$ 、センサ座標系の原点（の世界座標系における位置）を $O_S$ 、センサ座標系の $x$ 、 $y$ 、 $z$ 軸（の世界座標系における単位方向ベクトル）を夫々 $X_S$ 、 $Y_S$ 、 $Z_S$ 、上述の3測定点（の世界座標系における位置）を夫々 $P_O$ 、 $P_Z$ 、 $P_{ZX}$ 、上述の3点の計測値（センサ座標系における位置）を夫々 $v_O$ 、 $v_Z$ 、 $v_{ZX}$ とする。その際、上述の3点 $P_O$ 、 $P_Z$ 、 $P_{ZX}$ は以下の条件を満たさなくてはならない。いいかえれば、以下の条件を満たすように、キャリブレーショングリッド6000の固定位置とグリッド上の3点の測定点を定める必要がある。

【0061】

- ・ $P_O$ は、その世界座標系における位置が既知でなければならない。

【0062】

- ・ $P_Z$ は、ベクトル $(P_Z - P_O)$ が $Z_W$ と平行かつ同一方向でなければならない。

【0063】

- ・ $P_{ZX}$ は、 $P_O$ 、 $P_Z$ 、 $P_{ZX}$ の3点を含む平面が世界座標系での $z-x$ 平面と平行になるような点で、かつ、ベクトル $(P_{XZ} - P_O)$ の世界座標系における $x$ 成分の値が正でなければならない。

【0064】

この条件に基づいて、上述のセンサ座標系8010の位置姿勢 $M_{TW}$ を以下の順で求める。

【0065】

まず、 $(P_Z - P_O)$ が $Z_W$ と平行かつ同一方向であることから、センサ座標系の $z$ 軸方向単位ベクトル $Z_S$ を以下の式により求める。

【0066】

$$Z_S = (v_Z - v_O) / |v_Z - v_O|$$

次に、 $(P_{ZX} - P_O)$ が世界座標系における $z-x$ 平面内のベクトルでありかつその $x$ 成分が正であることから、センサ座標系の $y$ 軸方向の単位ベクトル $Y_S$ を以下の式により求める。

【0067】

$$Y_S = (Z_S \times (v_{ZX} - v_O)) / |Z_S \times (v_{ZX} - v_O)|$$

次に、上述の $Z_S$ 、 $Y_S$ から、センサ座標系のx軸方向の単位ベクトル $X_S$ を以下の式により求める。

【0068】

$$X_S = Y_S \times Z_S$$

以上の計算により求めた $X_S$ 、 $Y_S$ 、 $Z_S$ により世界座標系におけるセンサ座標系の姿勢を決定することができる。 $X_S = (X_X, Y_X, Z_X)$ 、 $Y_S = (X_Y, Y_Y, Z_Y)$ 、 $Z_S = (X_Z, Y_Z, Z_Z)$ とすると、世界座標系におけるセンサ座標系の姿勢 $R_{TW}$ は以下のようになる。

【0069】

【数5】

$$R_{TW} = \begin{bmatrix} X_x & X_y & X_z & 0 \\ Y_x & Y_y & Y_z & 0 \\ Z_x & Z_y & Z_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【0070】

次に、世界座標系におけるセンサ座標系の位置（すなわち、世界座標系におけるセンサ座標系の原点の位置 $O_S$ ）を求める。以下に示す方法では $P_O$ を用いるが、 $P_O$ 以外にも $P_Z$ 、 $P_{ZX}$ の世界座標が既知であれば、これらの点を用いても良い。

【0071】

$$O_S = P_O - R_{TW}^{-1} v_O$$

その結果、世界座標系におけるセンサ座標系の位置（を表わす平行移動行列） $T_{TW}$ は、（数1）によって求められる。

【0072】

その結果、世界座標系におけるセンサ座標系の位置姿勢 $M_{TW}$ は、以下の式によって導出される。

【 0 0 7 3 】

$$M_{TW} = R_{TW}^T T_{TW}$$

上記の方法により、複数の計測点で計測される磁気センサ 2 2 0 L の信号に基づいて、世界座標系におけるセンサ座標系の位置姿勢  $M_{TW}$  を求めることができる。

【 0 0 7 4 】

尚、世界座標系におけるセンサ座標系の位置姿勢  $M_{TW}$  は、巻尺や分度器等による計測値を手掛りに試行錯誤的に求めても良いし、交流磁界発生源の位置姿勢が計測可能な他のいずれの計測手段を用いて求めても良いことはいうまでもない。

【 0 0 7 5 】

#### < 3 次元画像の生成提示システム >

第 8 図は、第 1 図で示したゲーム装置において上述のキャリブレーションにより求めたキャリブレーションデータを利用している 3 次元画像の生成提示システムの構成を示した図である。

【 0 0 7 6 】

この画像生成提示システムは、プレーヤ 2 0 0 0 の HMD 2 1 0 L 及びプレーヤ 3 0 0 0 の HMD 2 1 0 R の夫々に、3 次元の仮想画像（第 3 図のパック 1 5 0 0，ゴール 1 2 0 0）を出力するものである。プレーヤ 2 0 0 0，3 0 0 0 に対する 3 次元の仮想画像の生成は、夫々画像生成部 5 0 5 0 L，5 0 5 0 R に拠って行われる。本実施形態では画像生成部 5 0 5 0 L，5 0 5 0 R の夫々に米国 SGI 社製のコンピュータシステム ONYX 2 を用いた。

【 0 0 7 7 】

画像生成部 5 0 5 0 L（5 0 5 0 R）は、ゲーム状態管理部 5 0 3 0 が生成するパック位置情報等と、前述の位置姿勢変換部 5 0 6 0 L（5 0 6 0 R）が出力するプレーヤ 2 0 0 0（3 0 0 0）の視点の位置姿勢を入力として受け、HMD 2 1 0 L（2 1 0 R）に表示させる画像を生成する。ゲーム状態管理部 5 0 3 0 はコンピュータシステム ONYX 2 により構成された。

【 0 0 7 8 】

テーブル1000の中央上空に固定されたCCDカメラ230（図1にも図示）は、テーブル1000の表面を全て視野に納める。カメラ230によって取得されたマレットの位置情報等を含むマレット情報はマレット位置計測部5010に入力される。この計測部5010は、同じく、SGI社製O2コンピュータシステムにより構成された。計測部5010は、2名のプレーヤのマレット位置、即ち、手の位置を検出する。手の位置に関する情報はゲーム状態管理部5030に入力される。即ち、ゲーム状態・ゲームの進行は基本的にはマレットの位置によって全てが決定される。

【0079】

#### <マレット位置計測>

第9図乃至第11図は、マレット位置を計測する制御手順を示すフローチャートである。

【0080】

エアホッケーゲームでは、プレーヤは自身のマレットを他のプレーヤの領域まで進めることはない。そのために、左側プレーヤ2000（右側プレーヤ3000）のマレット260L（260R）を探索する処理は、第11図に示すように、左側フィールドの画像データIL（画像データIR）に処理を集中すればよい。固定位置にあるCCDカメラ230が取得した画像を第12図に示すように2つの分割することは容易である。

【0081】

従って、第9図のフローチャートにおいて、プレーヤ#1（プレーヤ2000）のマレット260Lの探索についてはステップS100で、プレーヤ#2（プレーヤ3000）のマレット260Rの探索についてはステップS200で処理が行われる。そこで、便宜上、右側プレーヤのマレットの探索（ステップS200）を例にして説明する。

【0082】

先ず、ステップS210で撮影部230において撮像した上述の画像（多値画像）を取得する。ステップS212では、撮像した画像において右半分の画像データIRについてサブルーチン「ローカル領域での探索」を行う。その詳細は第

10図に示される。ステップS212で画像座標系でのマレット位置の座標（ $x$ ， $y$ ）が見つかったと、ステップS214からステップS220に進み、画像座標系でのマレット位置座標（ $x$ ， $y$ ）を次式に従ってテーブル1000の座標系（第14図を参照）の座標位置（ $x'$ ， $y'$ ）に変換する。

【0083】

【数6】

$$\begin{bmatrix} hx' \\ hy' \\ h \end{bmatrix} = M_T \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix}$$

【0084】

ここで、 $M_T$ は画像座標系とテーブル座標系とをキャリブレーションするための $3 \times 3$ の変換行列で、既知である。ステップS220で得られた座標位置（ $x'$ ， $y'$ ）はゲーム状態管理部5030に送られる。

【0085】

ローカル領域でマレットが見つからなかったならば、ステップS216で「グローバル領域での探索」を行う。「グローバル領域での探索」でマレットが見つかったならば、ステップS220でその座標位置をテーブル座標系に変換する。尚、ローカル又はグローバル領域で探索された座標位置は、次の処理でのローカル領域におけるマレットの探索に用いられる。

【0086】

第10図はマレットをローカル領域で探索する処理（ステップS212の詳細）を示す。但し、この処理は便宜上右側フィールドにおける探索処理を示すが、左側フィールドにおけるマレットの探索処理についても実質的に同様である。

【0087】

ステップS220で、次式で定義される大きさ $(2A+1) \times (2B+1)$ 画素の矩形領域を抽出する。

【0088】

$$x = [I'x - A, I'x + A]$$

$$y = [I' y - A, I' y + B]$$

ここで、 $I' x$ 、 $I' y$ は探索領域  $I R$  中の任意の座標値であり、 $A$ 、 $B$ は探索領域の大きさを決める定数であって、かかる探索領域は第13図のようになる。

【0089】

ステップ  $S 230$ は、ステップ  $S 220$ で定義された矩形領域中の全ての画素  $(x, y)$  について、特徴の評価値  $I S(x, y)$  が一定の条件を満足する画素を抽出する工程である。この工程ではマレットの赤外線発光器から発せられる赤外線の強度値と類似する画素を抽出する方法を用いるのが好適である。

【0090】

即ち、ステップ  $S 232$ では、類似度  $I S$  が所定の閾値以上をしめす画素を見つける。そのような画素を見つけると、カウンタ  $N$  に発生度数の累積値を記憶する。また、そのような画素の  $x$  座標値及び  $y$  座標値をレジスタ  $SUM x$  及び  $SUM y$  に累積記憶する。即ち、

$$N = N + 1$$

$$SUM x = SUM x + x$$

$$SUM y = SUM y + y$$

とする。ステップ  $S 230$ を終了すると、第13図の領域中でマレットからの赤外光のパターンに類似している全ての画素の個数  $N$ 、及び座標値の累積値  $SUM x$ 、 $SUM y$  が得られる。 $N = 0$ であればステップ  $S 236$ で結果 "Not Found" が出力される。 $N > 0$ であれば、マレットらしいものが見つかったのであり、ステップ  $S 238$ で、マレットの位置  $(I x, I y)$  を、

$$I x = SUM x / n$$

$$I y = SUM y / n$$

に従って演算する。そして、マレット位置  $(I x, I y)$  をテーブル座標系に変換した座標値を渡す。

【0091】

第11図は、ステップ  $S 216$ のグローバル領域探索の詳細手順を示す。第11図のステップ  $S 240$ で、右側フィールドの画像  $I R$  中の、

$$\{(x, y) \mid x > 0, x < Width, x = nC,$$

$$y > 0, y < \text{Height}, y = mD$$

(ただし  $n, m$  は整数) }

を満足する画素の中で、特徴の評価値  $I_s$  の最大値をレジスタ  $Max$  に記憶する。ここで、 $C, D$  は探索の粗さを決める定数であり、 $Width$  および  $Height$  の定義は第 16 図に示す。即ち、ステップ  $S242$  で、特徴量  $IS$  が閾値記憶レジスタ  $Max$  に記憶されている閾値を超えるか否かを判断する。そのような画素が見つかったならば、ステップ  $S244$  で、その特徴量を新たな閾値とすべく、ステップ  $S244$  で、

$$Max = IS(x, y)$$

$$Ix = x$$

$$Iy = y$$

とする。ステップ  $S246$  では、グローバル探索で見つかった最もマレットらしい画素 ( $Ix, Iy$ ) の座標値をステップ  $S220$  に渡す。

【0092】

このようにして、マレットを画像中で見つけ、その座標値をテーブル座標系に変換したものをゲーム状態管理部 5030 に渡す。

【0093】

#### <ゲーム状態管理>

第 14 図は、本実施形態のエアホッケーゲームのゲームフィールドを示す。このフィールドは、テーブル 1000 の上の 2 次元平面上に定義され、 $x, y$  軸を有する。また、左右の 2 つの仮想的ゴールライン 1200L, 1200R と、第 14 図において上下方向に設けられた仮想的壁 1300a, 1300b とを有する。仮想的ゴールライン 1200L, 1200R と仮想的壁 1300a, 1300b はその座標値は既知であり移動することはない。このフィールドの中で、マレット 260R, 260L の移動に応じて、パック 1500 の仮想画像が移動する。

【0094】

パック 1500 は、現在位置の座標情報  $P_p$  と速度情報  $v_p$  とを有し、左マレット 260L は現在位置の座標情報  $P_{SL}$  と速度情報  $v_{SL}$  とを有し、右マレ



ト 2 6 0 R は現在位置の座標情報  $P_{SR}$  と速度情報  $v_{SR}$  とを有する。

【 0 0 9 5 】

第 1 5 図は、ゲーム状態管理部 5 0 3 0 における処理手順を説明するフローチャートである。ステップ S 1 0 において、パック 1 5 0 0 の初期位置  $P_{p0}$  及び初期速度  $v_{p0}$  を設定する。

【 0 0 9 6 】

尚、パック 1 5 0 0 は速度  $v_p$  で等速度運動を行う。また、パック 1 5 0 0 は、壁又はスティックに当たると完全弾性衝突を行う。即ち速さには変化が無く、速度の方向が反転する。なおスティックとはマレットの位置に重畳表示される仮想映像であり、以下マレットとパック 1 5 0 0 の衝突判定はこのスティックとパック 1 5 0 0 の衝突判定を行うことで処理を進める。

【 0 0 9 7 】

ゲーム状態管理部 5 0 3 0 は、マレット位置計測部 5 0 1 0 が計測した各マレットの位置情報  $P_S$  から速度情報  $v_S$  を得る。

【 0 0 9 8 】

ステップ S 1 2 は、ゲームでの勝敗が決定する（ステップ S 5 0 で一方が 3 点を先取する）迄の間は、 $\Delta t$  時間毎に実行される。

【 0 0 9 9 】

すると、ステップ S 1 2 では、パック 1 5 0 0 の位置は、

$$P_p = P_{p0} + v_{p0} \cdot \Delta t$$

に更新される。初期位置及び初期速度設定後におけるパック 1 5 0 0 の位置は、一般には、

$$P_p = P_p + v_p \cdot \Delta t$$

で表される。ステップ S 1 4 では、更新されたパック位置  $P_p$  がプレーヤの # 1 側（左プレーヤ）のフィールドにあるか否かを調べる。パック 1 5 0 0 が左プレーヤ側にある場合について説明する。

【 0 1 0 0 】

ステップ S 1 6 では、現在のパック位置が左プレーヤのスティック 1 1 0 0 L と干渉する位置にあるか否かを調べる。パック 1 5 0 0 がスティック 1 1 0 0 L

と干渉する位置にあるとは、左プレーヤ 2000 がマレット 260L をパックに衝突させるようなマレット操作を行ったことを意味するから、パック 1500 の運動を反転させるために、ステップ S18 で、パック 1500 の速度  $v_p$  の x 方向速度成分の符号を反転させて、ステップ S20 に進む。

【0101】

尚、単に速度  $v_p$  の x 方向速度成分の符号を反転させる代わりに、

$$P_p = -P_{px} + v_{SLx}$$

として、パックが、スティックの操作速度を重畳されて反対方向に進むようにしても良い。

【0102】

一方、現在のパック位置が左プレーヤのスティック 1100L と干渉する位置にない場合（ステップ S16 で NO）には、そのままステップ S20 に進む。

【0103】

ステップ S20 では、パックの位置が仮想壁 1300a 又は 1300b と衝突する位置にあるか否かを調べる。ステップ S20 の判断が YES の場合には、ステップ S22 でパックの速度の y 成分を反転させる。

【0104】

次にステップ S24 で、現在のパック位置が左プレーヤのゴールライン内にあるか否かを調べる。YES の場合には、ステップ S26 で相手側のプレーヤ、即ち、右（#2）プレーヤの得点を加算する。ステップ S50 では、いずれかの得点が 3 点以上先取したかを調べる。3 点以上であればゲームを終了する。

【0105】

ステップ S14 での判断で、パックの位置  $P_p$  が右プレーヤ側（#2 プレーヤ側）にある場合には、ステップ S30 以下を実行する。ステップ S30～ステップ S40 は、ステップ S16～ステップ S26 と実質的に動作は同じである。

【0106】

かくして、ゲームの進行状態は管理される。ゲームの進行状態はパックの位置、スティックの位置であり、前述したように画像生成部 5050（5050L、5050R）に入力される。

## 【0107】

第17図に、位置姿勢変換部5060（5060L、5060R）及び画像生成部5050（5050L、5050R）における処理のフローチャートを示す。なお同図のフローチャートにおける夫々のプレーヤに対する処理は同じであるために、夫々のプレーヤに対して共通の処理とする。

## 【0108】

位置姿勢変換部5060Lは、ステップS1701において、位置姿勢計測部5000からセンサ座標系における磁気センサの位置姿勢 $M_{ST}$ を入力する。次にステップS1702において、キャリブレーションデータ記憶部5080に格納されたキャリブレーションデータ $M_{WT}$ 及び $M_{SV}$ を読み込む。そしてステップS1703において、プレーヤの視点1901の位置姿勢 $M_{VW}$ を式（A）により決定する。

## 【0109】

画像生成部5050は、ステップS1704ではゲーム状態管理部5030内の不図示のメモリ内に格納されているスティック、パックの位置及び形状データを読み込み、ステップS1705で、この位置及び形状データを用いてプレーヤの視点1901の位置姿勢 $M_{VW}$ に基づいたスティック、パックの映像を生成し、ステップS1706において夫々のプレーヤのHMD210L、210Rに対して生成した映像を出力する。

## 【0110】

以上の説明により、本実施形態におけるキャリブレーション装置及びその方法によれば、磁気センサの出力値をプレーヤの視点の位置姿勢に変換するためのキャリブレーションデータが未知であっても、これを算出することができる。

## 【0111】

## 〔第2の実施形態〕

第1の実施形態では、磁気センサから見たプレーヤの視点の相対的な位置姿勢 $M_{VS}$ が未知であった。言い換えれば変換行列 $M_{VS}$ を平行移動成分 $T_{VS}$ と回転成分 $R_{VS}$ とに分けたとき、その両方が未知であった。

## 【0112】

また、第 1 の実施形態では、世界座標系におけるセンサ座標系の位置姿勢  $M_{TW}$  に関しては、平行移動成分  $T_{TW}$  と回転成分  $T_{VS}$  の両方が既知であった。

【0113】

本実施形態では、 $M_{VS}$  の平行移動成分  $T_{VS}$  及び  $M_{TW}$  の回転成分  $R_{TW}$  が何らかの方法により既知である場合に、他の未知なキャリブレーションデータ、すなわち、 $M_{VS}$  の回転成分  $R_{VS}$  及び  $M_{TW}$  の平行移動成分  $T_{TW}$  の算出を行う方法について説明する。なお、本実施形態における装置構成は第 1 の実施形態と同一であり、唯一、キャリブレーションデータ算出部 5040L の内部における処理が異なっている。

【0114】

ここで、 $M_{VS}$  の平行移動成分  $T_{VS}$ （すなわち、磁気センサの位置とユーザの視点位置との位置関係）は、例えば物差しなどで直接計測する。また、 $M_{TW}$  の回転成分  $R_{TW}$  については、例えば、第 1 の実施形態で説明した  $R_{TW}$  を求める方法により算出する。

【0115】

なお、これらの値の導出は、第 1 の実施形態における  $M_{TW}$  の導出と同様に試行錯誤的に行っても良いし、他のいずれの計測手段によって行ってもよい。

【0116】

これらの既知なパラメータは、第 1 の実施形態と同様に予めキャリブレーションデータ記憶部 5080 に格納されているものとする。

（式 B）の関係を回転成分と並行移動成分に分離して記述すると、以下の式が成り立つ。

【0117】

$$R_{VW}^0 T_{VW}^0 = R_{VS} T_{VS} \cdot M_{ST}^0 \cdot R_{TW} T_{TW} \quad (\text{式 D})$$

（式 D）を以下のように変形する。

【0118】

$$R_{VS}^{-1} R_{VW}^0 T_{VW}^0 T_{TW}^{-1} = T_{VS} M_{ST}^0 R_{TW} \quad (\text{式 E})$$

）

ここで、右辺は全て値の得られている項であるので、この積を計算し行列  $M'$

とおき、さらにこの行列 $M'$ を、 $M' = R' T'$  ( $R'$  は回転成分、 $T'$  は平行移動成分) に分解すると、(式E) は以下ようになる。

【0119】

$$R_{VS}^{-1} R^0_{VW} T^0_{VW} T_{TW}^{-1} = R' T' \quad (\text{式F})$$

(式F) において、右辺、左辺でそれぞれ平行移動成分、回転成分は恒等式として存在するので、 $R_{VS}$  は

$$R_{VS} = R^0_{VW} R'^{-1}$$

と求めることができる。同様に $T_{TW}$ は

$$T_{TW} = T'^{-1} T^0_{VW}$$

と求めることができる。最後に、算出されたキャリブレーションデータ $R_{VS}$  及び $T_{TW}$ は、キャリブレーションデータ記憶部5080Lに出力される。

【0120】

### 〔第3の実施形態〕

本実施形態では、磁気センサから見たプレーヤの視点の相対的な位置姿勢 $M_{VS}$  が何らかの方法により既知である場合に、他の未知なキャリブレーションデータ、すなわち、世界座標系におけるセンサ座標系の位置姿勢 $M_{TW}$ の算出を行う方法について説明する。

【0121】

本実施形態における装置構成は第1の実施形態と同一であり、唯一、キャリブレーションデータ算出部5040Lの内部における処理が異なっている。すなわち、(式B)を変形して

$$M_{TW} = M^0_{ST}^{-1} \cdot M_{VS}^{-1} \cdot M^0_{VW}$$

とすることで、未知のキャリブレーションデータ $M_{TW}$ を算出し、キャリブレーションデータ記憶部5080Lに出力する。

【0122】

なお、位置姿勢 $M_{VS}$ の導出は、例えば第1の実施形態の方法によって行っても良いし、定規や分度器等による計測値を手掛りに試行錯誤的に求めてもよいし、他のいずれの計測手段によって行ってもよい。

【0123】

## 〔第4の実施形態〕

第1乃至3の実施形態は、物体の位置及び姿勢を計測する位置姿勢センサであるところの磁気センサのキャリブレーションを行う例であったが、物体の姿勢のみを計測する姿勢センサのキャリブレーションにも適応可能である。本実施形態では、姿勢センサを用いたゲーム装置において、姿勢センサの出力値（すなわち、センサ座標系における姿勢センサの姿勢）を世界座標系におけるプレーヤの視点の姿勢に変換するためのキャリブレーションデータを求める方法について説明する。なお、本実施形態における装置構成は、センサが姿勢センサであること、位置姿勢計測部が姿勢計測部であることを除いては、第1の実施形態とほぼ同一である。

## 〔0124〕

ここで、世界座標系におけるセンサ座標系の姿勢を $R_{TW}$ 、センサ座標系における姿勢センサの姿勢（姿勢センサの出力値）を $R_{ST}$ 、姿勢センサから見たプレーヤの視点の相対的な姿勢を $R_{VS}$ とする。なお、姿勢センサの多くは磁気センサにおける交流磁界発生源に相当するようなセンサ座標系を定義する明示的な機器を有していないが、センサ出力が原点を指している（すなわち $R_{ST} = I$ を出力している）際の世界座標系におけるセンサの姿勢が $R_{TW}$ に相当していると考え、実施形態1乃至3と同様な座標変換関係が成立する。すなわち、（式A）の関係は以下の式で表すことができる。

## 〔0125〕

$$R_{VW} = R_{VS} \cdot R_{ST} \cdot R_{TW} \quad (\text{式G})$$

これらの姿勢のうち、 $R_{ST}$ が位置姿勢変換部5060Lへの入力、 $R_{VW}$ が位置姿勢変換部5060Lからの出力であり、 $R_{VS}$ 及び $R_{TW}$ が、 $R_{ST}$ を $R_{VW}$ に変換するために必要なキャリブレーションデータに相当する。すなわち、位置姿勢変換部5060Lは、位置姿勢計測部5000からの入力 $R_{ST}$ と、キャリブレーションデータ記憶部5080Lに記憶されている $R_{VS}$ 及び $R_{TW}$ を用いて、（式G）に基づいて $R_{VW}$ を算出する。位置姿勢変換部5060Lはさらに、算出された世界座標系におけるプレーヤの視点の姿勢 $R_{VW}$ と、他の手段によって与えられる世界座標系におけるプレーヤの視点の位置 $T_{VW}$ （例えば超

音波センサや光学センサといった位置センサの計測値を用いてもよいし、視点の位置が移動しない場合や移動量が無視できる場合には予め設定した固定値を用いてもよいし、位置情報を取得する他のいずれの手段を用いてもよい）に基づいて、世界座標系におけるプレーヤの視点の位置姿勢 $M_{VW}$ を算出し、これを画像生成部 5 0 5 0 L へと出力する。

## 【 0 1 2 6 】

なお本実施形態では、世界座標系におけるセンサ座標系の姿勢 $R_{TW}$ のうち、 $x$ 軸まわりの回転成分 $R_{xTW}$ および $z$ 軸まわりの回転成分 $R_{zTW}$ は単位行列であるとし（すなわち $R_{TW} = R_{yTW}$ ）、 $y$ 軸まわり（すなわち方位方向）の回転成分 $R_{yTW}$ のみが未知であると仮定する。多くの姿勢センサは地球の重力方向を計測することにより、方位方向（ $y$ 軸周り、ヨー方向）以外は現実空間の座標系の値を出力可能であることから、世界座標系を地表面と水平に定義することにより、世界座標系とセンサ座標系の $y$ 軸が一致するので、 $R_{xTW}$ および $R_{zTW}$ は単位行列とすることができる。

## 【 0 1 2 7 】

又、本実施形態では、姿勢センサから見たプレーヤの視点の相対的な姿勢 $R_{VS}$ のうち、その逆行列 $R_{SV}$ （これは、プレーヤの視点から見た姿勢センサの相対的な姿勢を表わす）の $y$ 軸まわりの回転成分 $R_{ySV}$ が何らかの方法によって既知であるとし、 $x$ 軸まわりの回転成分 $R_{xSV}$ および $z$ 軸まわりの回転成分 $R_{zSV}$ が未知であると仮定する。 $R_{ySV}$ の導出は分度器等の計測値を手掛りに試行錯誤的に行ってもよいし、他のいずれの計測手段を用いて行ってもよい。

## 【 0 1 2 8 】

これら既知のデータである $R_{xTW}$ 、 $R_{zTW}$ および $R_{ySV}$ は、キャリブレーションデータ記憶部 5 0 8 0 L に予め記憶されている。

## 【 0 1 2 9 】

キャリブレーションは、HMD 2 1 0 L を装着したプレーヤの視点 1 9 0 1 の姿勢 $R_{VW}$ をある予め定めた姿勢 $R^0_{VW} (= R^0_{yVW})$ に移動させて、その時点でのセンサ出力 $R^0_{ST}$ を取得することで行われる。このとき、（式 G）より、以下の関係が成立する。

【0130】

$$R_y^0 V W = (R_z S_V R_x S_V R_y S_V)^{-1} R^0_{ST} R_y T W \quad (\text{式H})$$

これを変形すると、(式H)は以下のようなになる。

【0131】

$$R_z S_V R_x S_V R_y S_V R_y^0 V W = R_z^0 S_T R_x^0 S_T R_y^0 S_T R_y T W$$

ここで、左辺、右辺のそれぞれがz、x、y軸周りの回転成分の積となっているので、z、x、y軸周りの回転成分毎に恒等式が成立する。まず、z、x軸周りの回転成分の恒等式は以下の通りとなる。

【0132】

$$R_z S_V = R_z^0 S_T$$

$$R_x S_V = R_x^0 S_T$$

これより、 $R_z S_V$ および $R_x S_V$ を求めることができる。

【0133】

一方、y軸周りの回転成分の恒等式は以下の通りとなる。

【0134】

$$R_y S_V R_y^0 V W = R_y^0 S_T R_y T W$$

これより、

$$R_y T W = R_y S_V R_y^0 V W R_y^0 S_T^{-1}$$

となり、 $R_y T W$ を求めることができる。

【0135】

本実施形態におけるキャリブレーションデータ算出部5040Lは、上記の処理によってキャリブレーションデータ $R_z S_V$ 、 $R_x S_V$ および $R_y T W$ の算出を行い、これらの値からさらに、 $R_{VS} (= (R_z S_V R_x S_V R_y S_V)^{-1})$ および $R_{TW} (= R_y T W)$ を算出して、これをキャリブレーションデータ記憶部5080Lへと出力する。

【0136】

なお、本実施形態におけるメモリ5045Lは、上記のキャリブレーションデ



ータ算出のために必要な予め定めた視点の姿勢 $R^0_{VW}$ の他に、仮想マーカ画像生成部5075Lがマーカの仮想映像を生成するために必要な予め定めた視点の位置 $T^0_{VW}$ も保持している。

【0137】

#### <変形例1>

上記実施形態は光学式HMDを用いたものであったが、光学式HMDの適用に限定されるものではなく、ビデオシースルー方式のHMDにも適用可能である。

【0138】

その場合、上述の実施形態ではプレーヤの視点1901であった計測対象が、ビデオシースルー方式のHMDに備わっている撮像装置（例えばビデオカメラ）の視点となる。予め定めた位置姿勢 $M^0_{VW}$ は撮像装置の視点の位置姿勢であり、変換行列 $M_{VS}$ は磁気センサ220Lから見た撮影部の位置姿勢を示す変換行列となる。

【0139】

本実施形態では、仮想マーカ映像生成部5075Lは、予め定めた位置姿勢 $M^0_{VW}$ に従って、撮像装置が撮影した現実空間の映像（マーカ画像）にマーカの仮想映像を重畳描画し、これを表示部へと表示する。マーカ1600はマーカ画像においてテーブル1000と判別可能な状態にする必要がある。操作者は、表示部に表示された映像上において、マーカの現実の映像と仮想の映像が重なるように、撮像部の位置姿勢を操作する。なお、ビデオシースルー方式の場合には、光学式HMDの場合とは異なり、キャリブレーション時に用いる表示部は、ゲーム装置におけるHMD210Lを必ずしも用いなくても良く、CRTディスプレイやその他の表示機器を用いても良い。

【0140】

#### <変形例2>

ゲーム装置の方式が光学式HMDの場合においても、HMD210Lにプレーヤの視点からみた相対的な位置姿勢が既知な撮像装置が装着されている場合には、キャリブレーションを変形例1と同様にビデオシースルー方式で行うことも可能である。

## 【 0 1 4 1 】

本実施形態では、仮想マーカ映像生成部 5 0 7 5 L は、予め定めたプレーヤ視点の位置姿勢  $M^0_{VW}$  とプレーヤの視点からみた撮像装置の相対的な位置姿勢によって定められる世界座標系における撮像装置の位置姿勢に従って、撮像装置が撮影した現実空間の映像（マーカ画像）にマーカの仮想映像を重畳描画し、これを表示部へと表示する。なお、表示部として HMD 2 1 0 L を用いる場合には、表示面の透過率を調整し遮蔽状態にすることが好ましい。

## 【 0 1 4 2 】

## ＜変形例 3＞

上記実施形態は、位置合わせの手掛りとして点の情報であるマーカ 1 6 0 0 を用いたが、視点の位置姿勢を予め定めた位置姿勢  $M^0_{VW}$  に位置させるための視覚的なキューとなる幾何情報であれば、いずれの幾何情報を用いてもよい。例えば机などの現実物体の形状を環境から取り込み、予め定めた位置姿勢  $M^0_{VW}$  に従ってそのワイヤースケルトンモデルを描画してもよい。この場合、現実の机の像とそこに重畳したワイヤースケルトン映像が一致するように視点を移動させることで、視点を位置姿勢  $M^0_{VW}$  に誘導することが可能となる。また、キャリブレーション後に表示される仮想物体（例えば、実施形態 1 における仮想のパック）を予め定めた位置姿勢  $M^0_{VW}$  に従って描画することでも、現実の机の像の上のあるべき位置に仮想のパックが位置するように視点を移動させることで、視点を位置姿勢  $M^0_{VW}$  に誘導することができる。なお、これらのいずれかを組み合わせることが可能あることは言うまでもない。

## 【 0 1 4 3 】

## ＜変形例 4＞

上記実施形態では視点を位置姿勢  $M^0_{VW}$  に位置させることを補助する目的でキャリブレーショングリッド 6 0 0 0 を用いたが、キャリブレーショングリッドは必ずしも必要ではなく、視覚情報のみを手掛りにしてもよい。また、視覚情報を用いずに、キャリブレーショングリッド 6 0 0 0 上の既定の位置に既定の姿勢で HMD 2 1 0 L を位置させることで、視点を位置姿勢  $M^0_{VW}$  に位置させてもよいし、視点を予め定めた位置姿勢（あるいは姿勢）に導くものであれば、それ

以外のいずれの方法を用いてもよい。

【0144】

<変形例5>

上記実施形態は、エアーホッケーゲームに適用したものであったが、言うまでもなく上述の実施形態はエアーホッケーゲーム以外の複合現実感を提示するシステムに適用可能である。また、2人の協調作業にのみ好適であることはない。1人あるいは3人以上の作業者（あるいはプレーヤ）に複合現実感を提示するシステムにも適用可能である。また、複合現実感を提示するシステムに限らず、磁気センサを用いて撮像装置の視点の位置姿勢を計測するいずれの用途に用いることも可能である。また、変形例2で述べたプレーヤ視点の位置姿勢計測に限らず、撮像装置の視点との相対的な位置姿勢が既知であるようないずれの計測対象の位置姿勢を計測する用途に用いることも可能である。

【0145】

<変形例6>

上記実施形態では、磁気センサとして交流磁界を利用した磁気センサを使用しているが、このセンサの適用に限られるものではない。ジャイロセンサや超音波センサなど、計測対象の位置姿勢または姿勢を検出できるセンサであればいずれのセンサに対しても適用可能である。

【0146】

[他の実施形態]

本発明の目的は、前述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記録した記憶媒体（または記録媒体）を、システムあるいは装置に供給し、そのシステムあるいは装置のコンピュータ（またはCPUやMPU）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することによっても、達成されることは言うまでもない。この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が前述した実施形態の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行することにより、前述した実施形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼働

しているオペレーティングシステム(OS)などが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。

【0147】

さらに、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張カードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書込まれた後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張カードや機能拡張ユニットに備わるCPUなどが実際の処理の一部または全部を行い、その処理によって前述した実施形態の機能が実現される場合も含まれることは言うまでもない。

【0148】

本発明を上記記憶媒体に適用する場合、その記憶媒体には先に説明した（図6及び／又は、図9及び／又は、図10及び／又は、図11及び／又は、図15及び／又は、図17に示す）フローチャートに対応するプログラムコードが格納されることになる。

【0149】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、センサ座標系を世界座標系に変換するための情報や、センサの位置姿勢を計測対象の位置姿勢に変換するための情報を取得することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施形態に用いられているシステムのゲーム装置部分を側面から見た図である。

【図2】

左側プレーヤ2000が自身のHMD210Lからみた映像を示す図である。

【図3】

HMD210の構成を示す図である。

【図4】

キャリブレーションを行う場合の概要を説明する図である。

【図 5】

本発明の第 1 の実施形態のキャリブレーション部 5 0 5 5 L の詳細な構成を示した図である。

【図 6】

本発明の第 1 の実施形態のキャリブレーション装置の処理のフローチャートである。

【図 7 A】

ステップ S 1 0 4 0 で表示部 2 1 0 L に表示された画像を示す図である。

【図 7 B】

表示部 2 1 0 L を光学的に透過してプレーヤに観測される像を示す図である。

【図 7 C】

ステップ S 1 0 7 0 でマーカの仮想映像と実物のマーカの像の位置を HMD 2 1 0 L の（すなわち視点 1 9 0 1 の）平行移動または回転によりの確に重ね合わせる際の状態を示す図である。

【図 8】

第 1 図で示したゲーム装置においてキャリブレーションにより求めたキャリブレーションデータを利用している 3 次元画像の生成提示システムの構成を示した図である。

【図 9】

マレット位置を計測する制御手順を示すフローチャートである。

【図 1 0】

マレット位置を計測する制御手順を示すフローチャートである。

【図 1 1】

マレット位置を計測する制御手順を示すフローチャートである。

【図 1 2】

固定位置にある CCD カメラ 2 3 0 が取得した画像を 2 つの分割した場合を説明する図である。

【図 1 3】

探索領域を示す図である。

【図 1 4】

本発明の第 1 の実施形態のエア－ホッケーゲームのゲームフィールドを示す図である。

【図 1 5】

ゲーム状態管理部 5 0 3 0 における処理手順を説明するフローチャートである。

【図 1 6】

Width および Height の定義を説明する図である。

【図 1 7】

位置姿勢変換部 5 0 6 0 ( 5 0 6 0 L , 5 0 6 0 R ) 及び画像生成部 5 0 5 0 ( 5 0 5 0 L , 5 0 5 0 R ) における処理のフローチャートである。

【図 1 8】

磁気センサによる磁気センサの位置姿勢の測定方法について説明する概念図である。

【図 1 9】

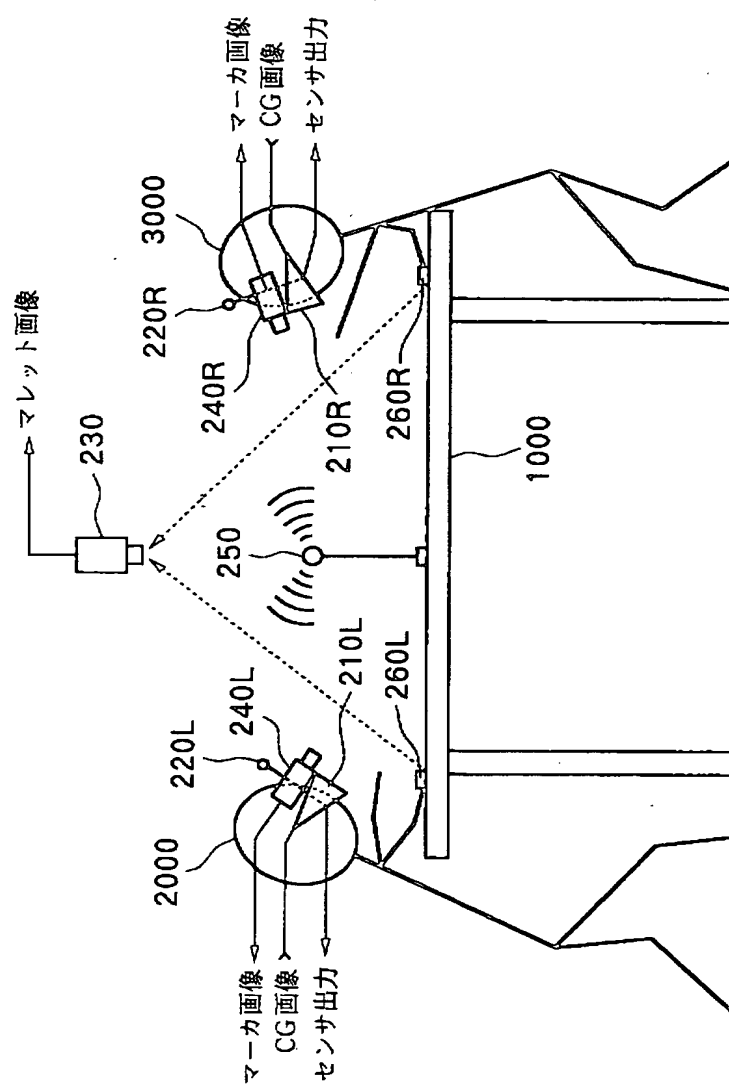
位置姿勢変換部 5 0 6 0 L において、世界座標系 8 0 0 0 におけるプレーヤ 2 0 0 0 の視点 1 9 0 1 の位置姿勢  $M_{VW}$  を求める方法を説明する図である。

【図 2 0】

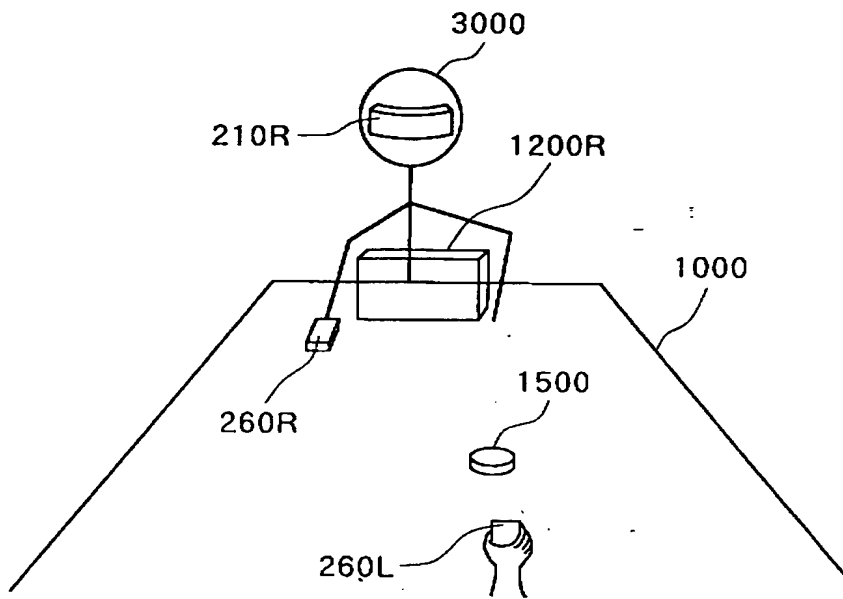
本発明の第 1 の実施形態のゲーム装置のキャリブレーションを行う際の装置構成を示す図である。

【書類名】 図面

【図 1】

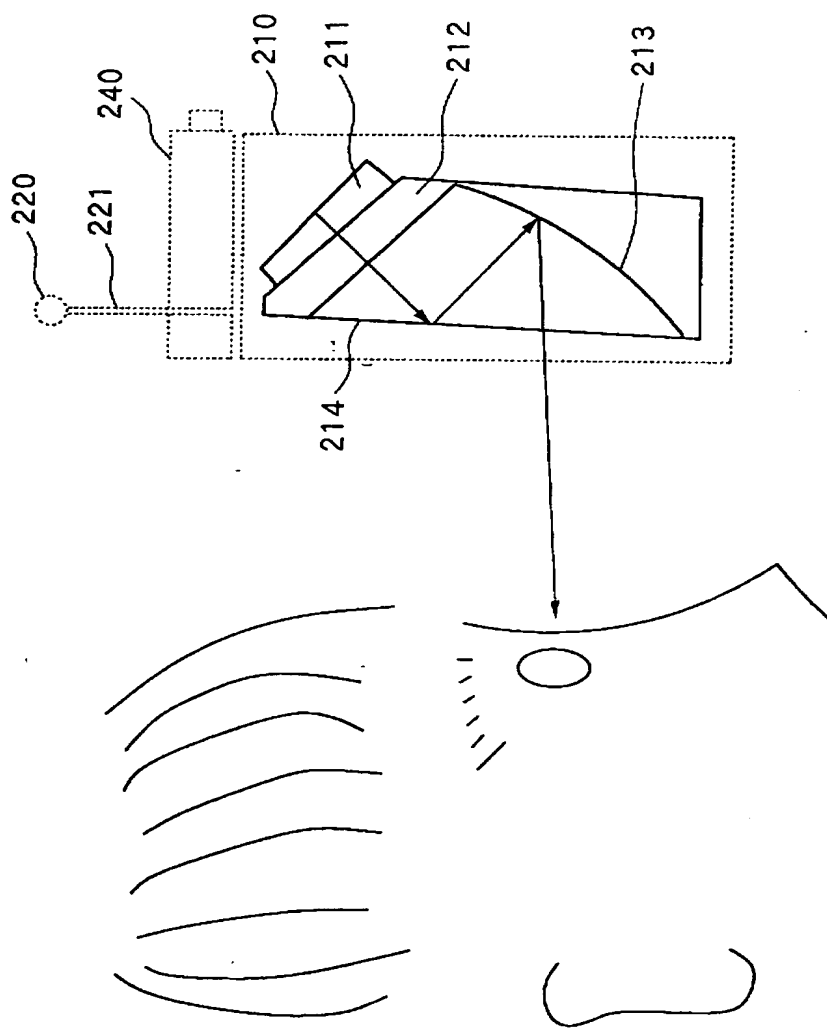


【図 2】

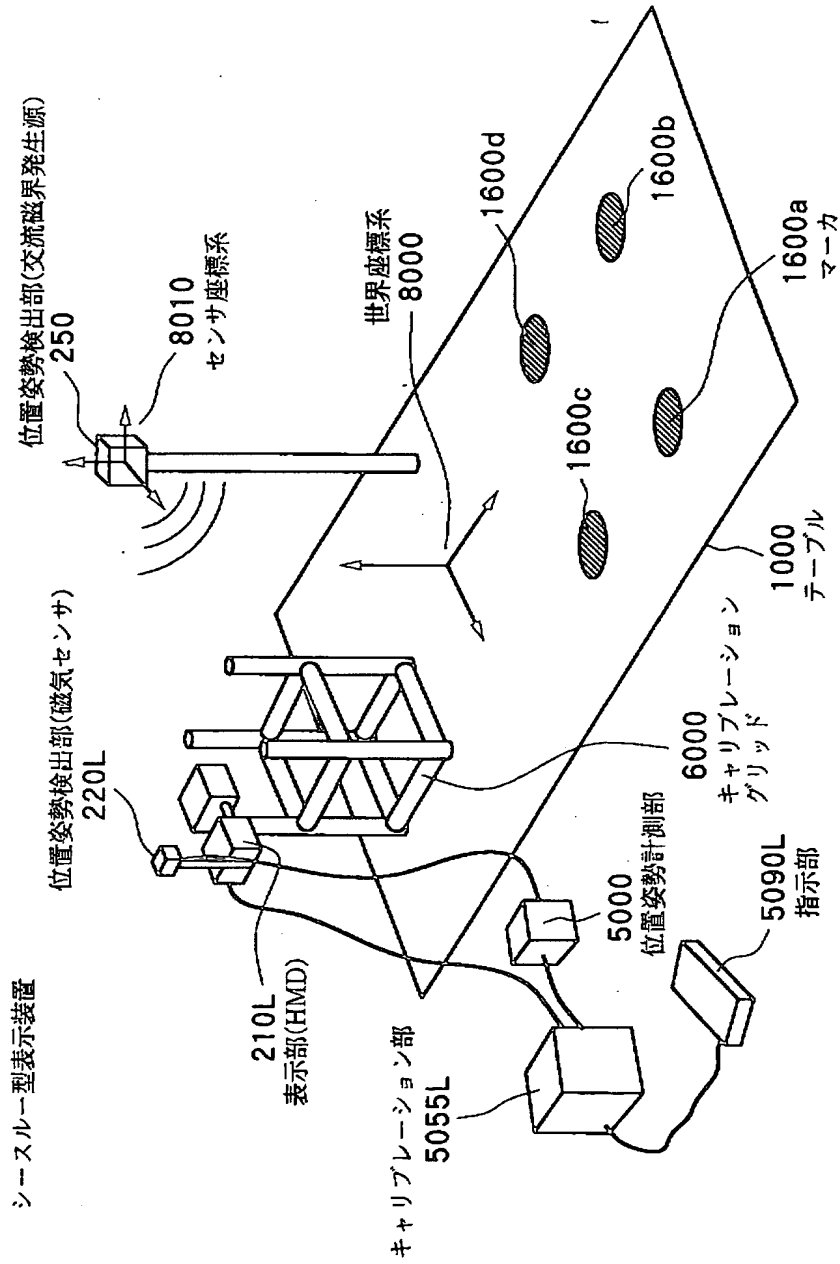




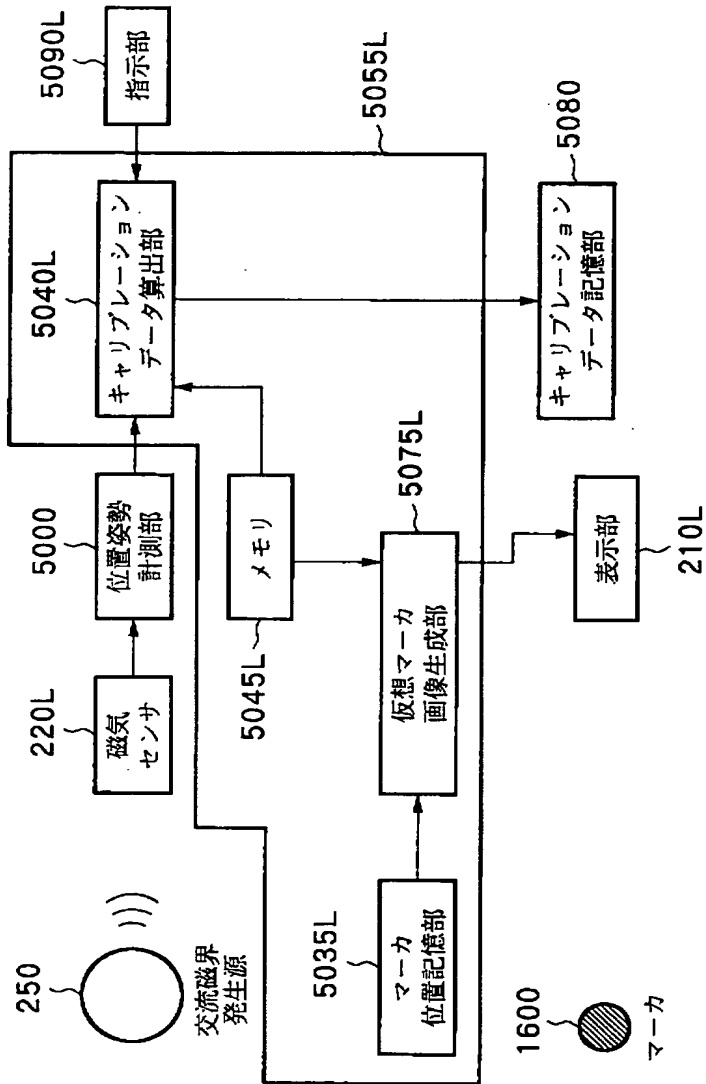
【図 3】



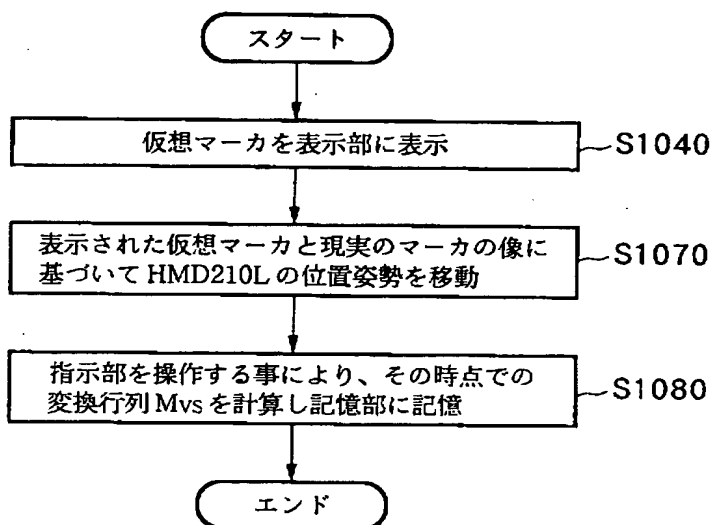
【図 4】



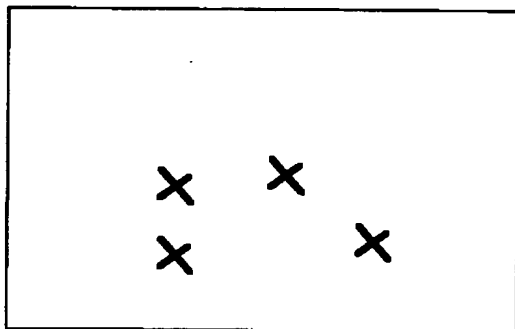
【図 5】



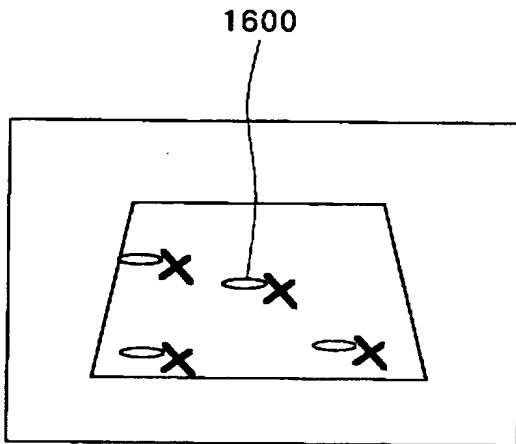
【図 6】



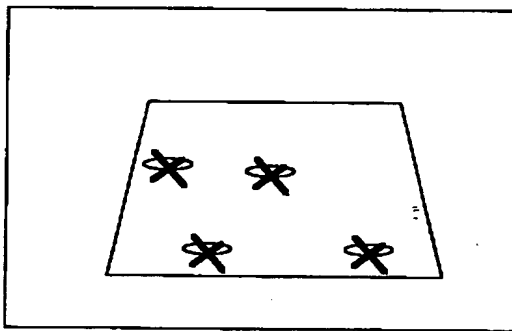
【図 7 A】



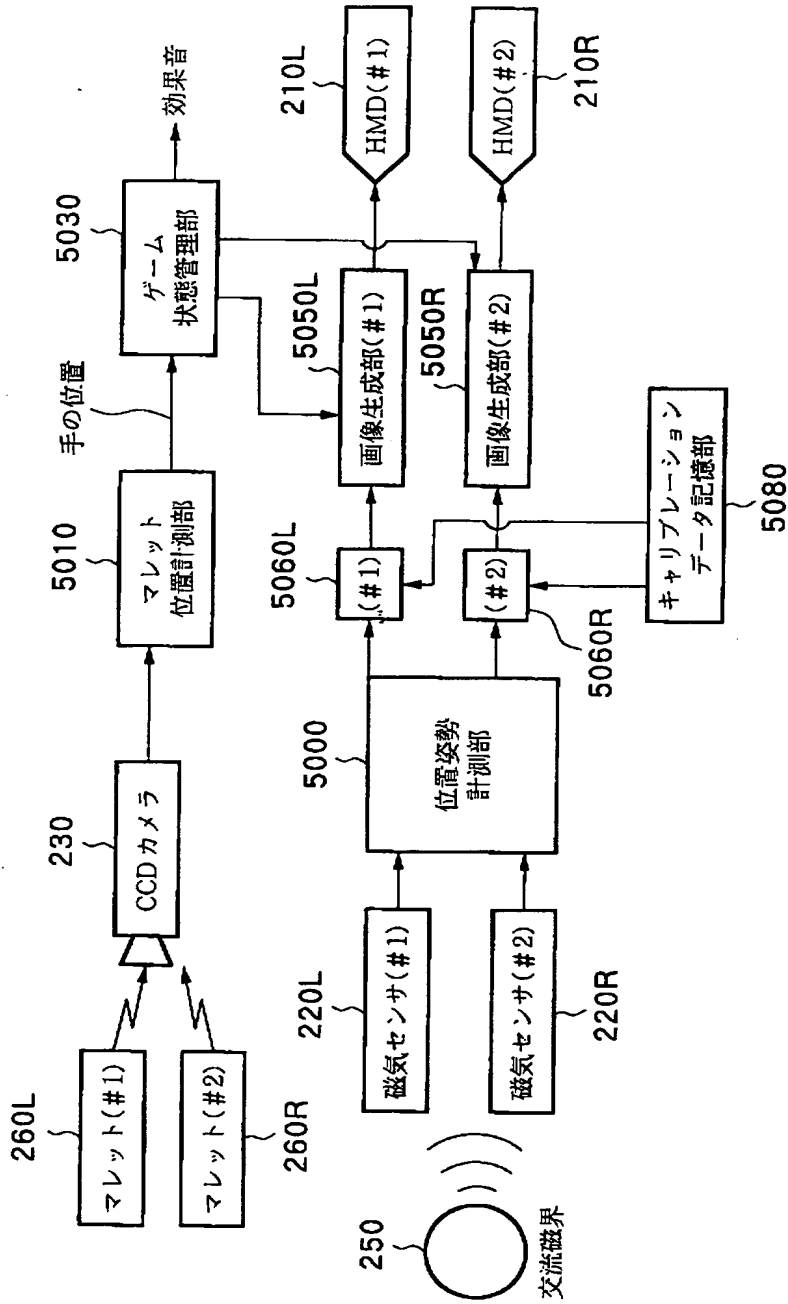
【図 7 B】



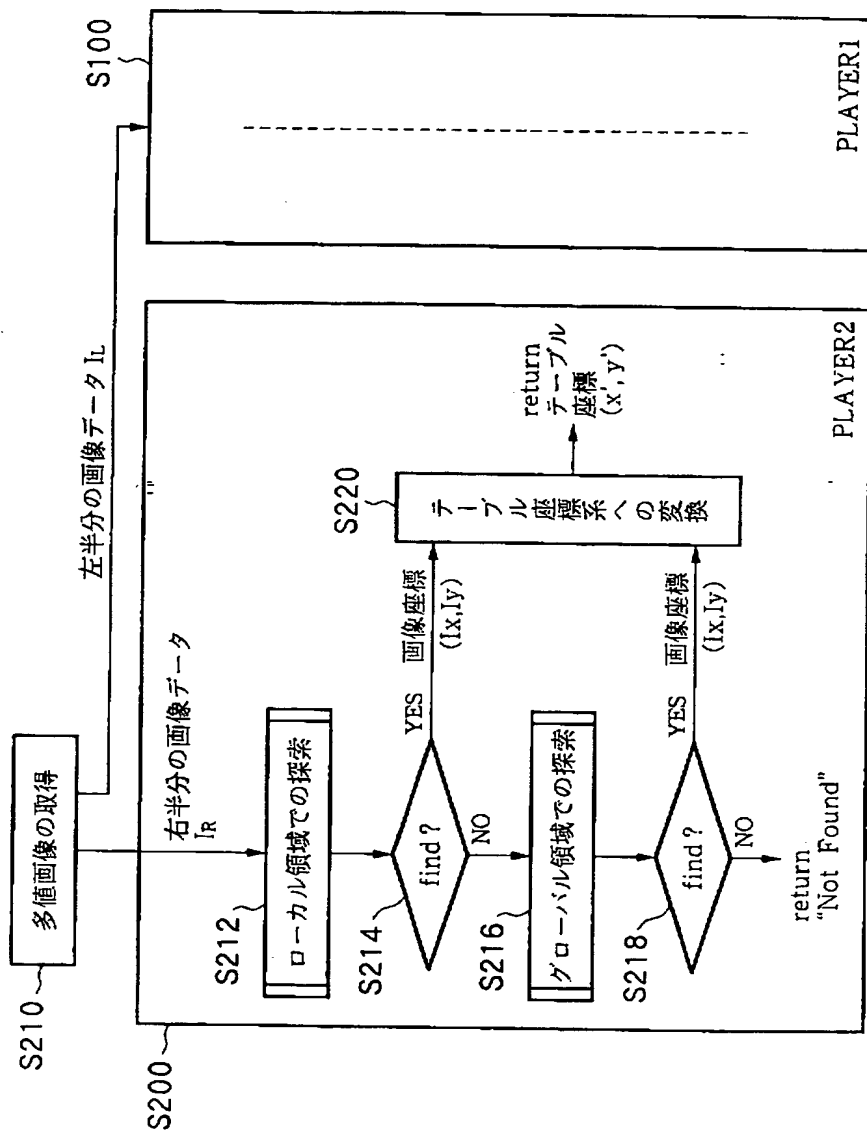
【図 7 C】



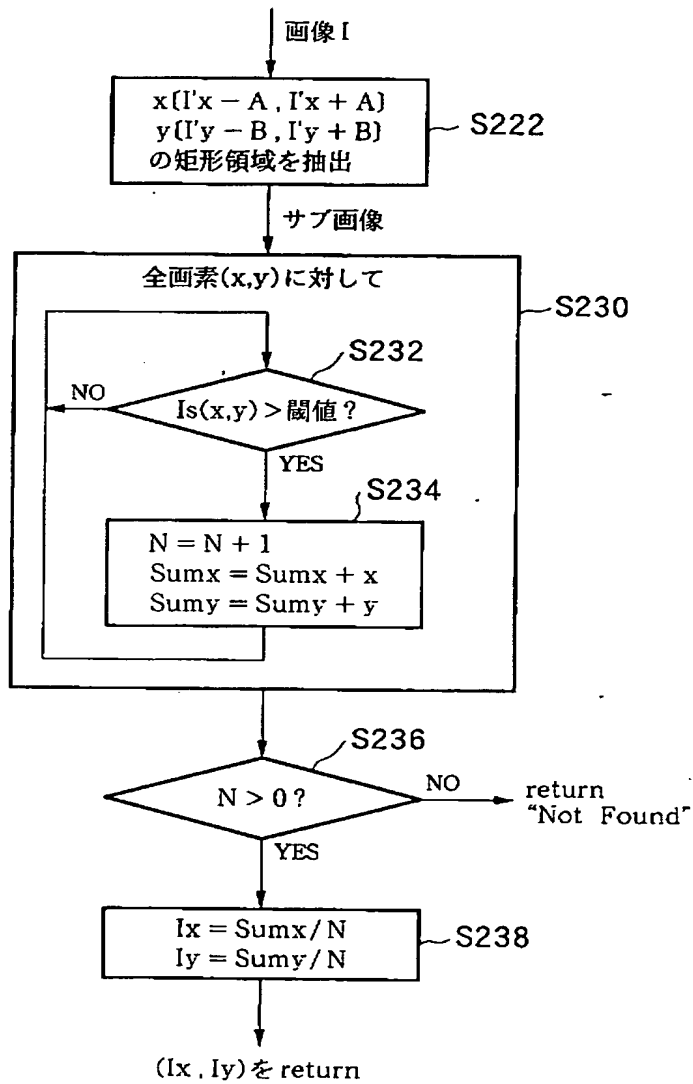
【図 8】



【図9】

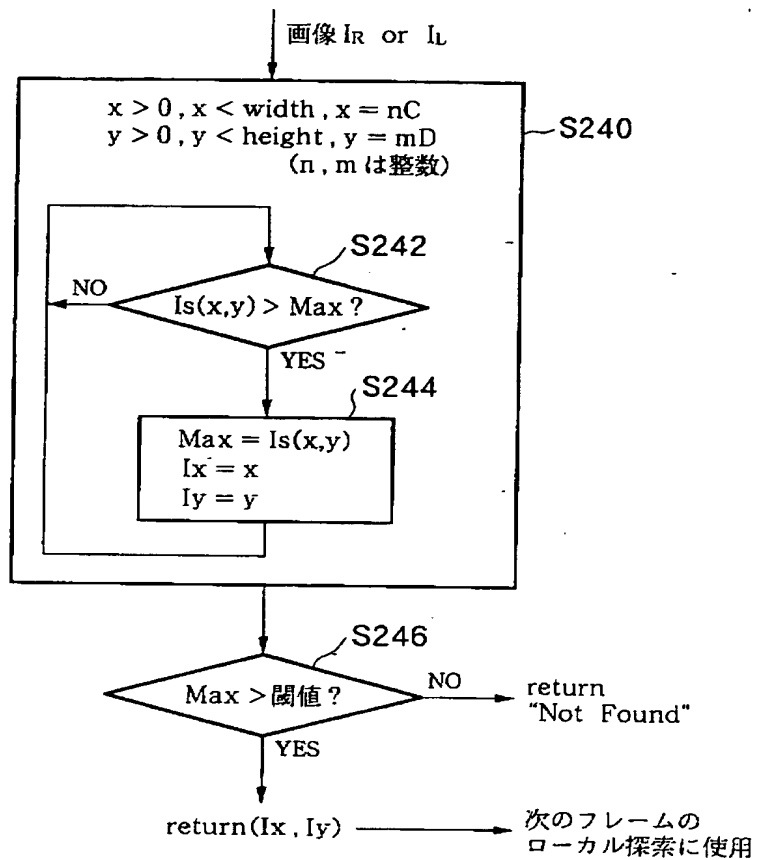


【図10】

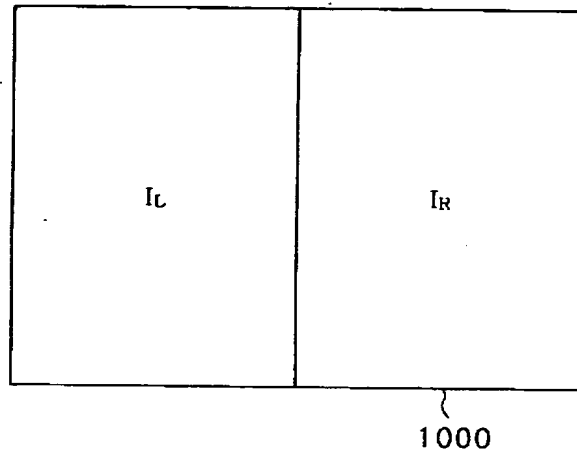




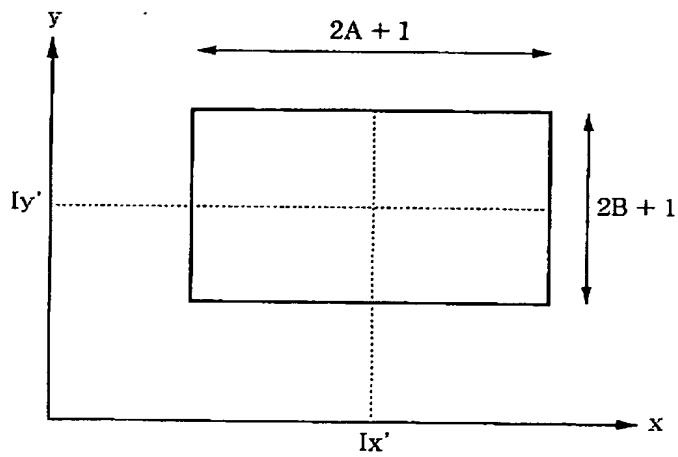
【図 11】



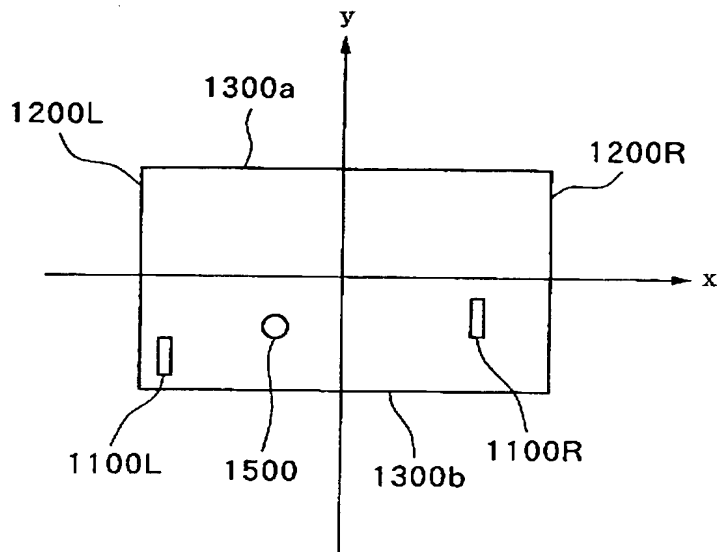
【図 12】



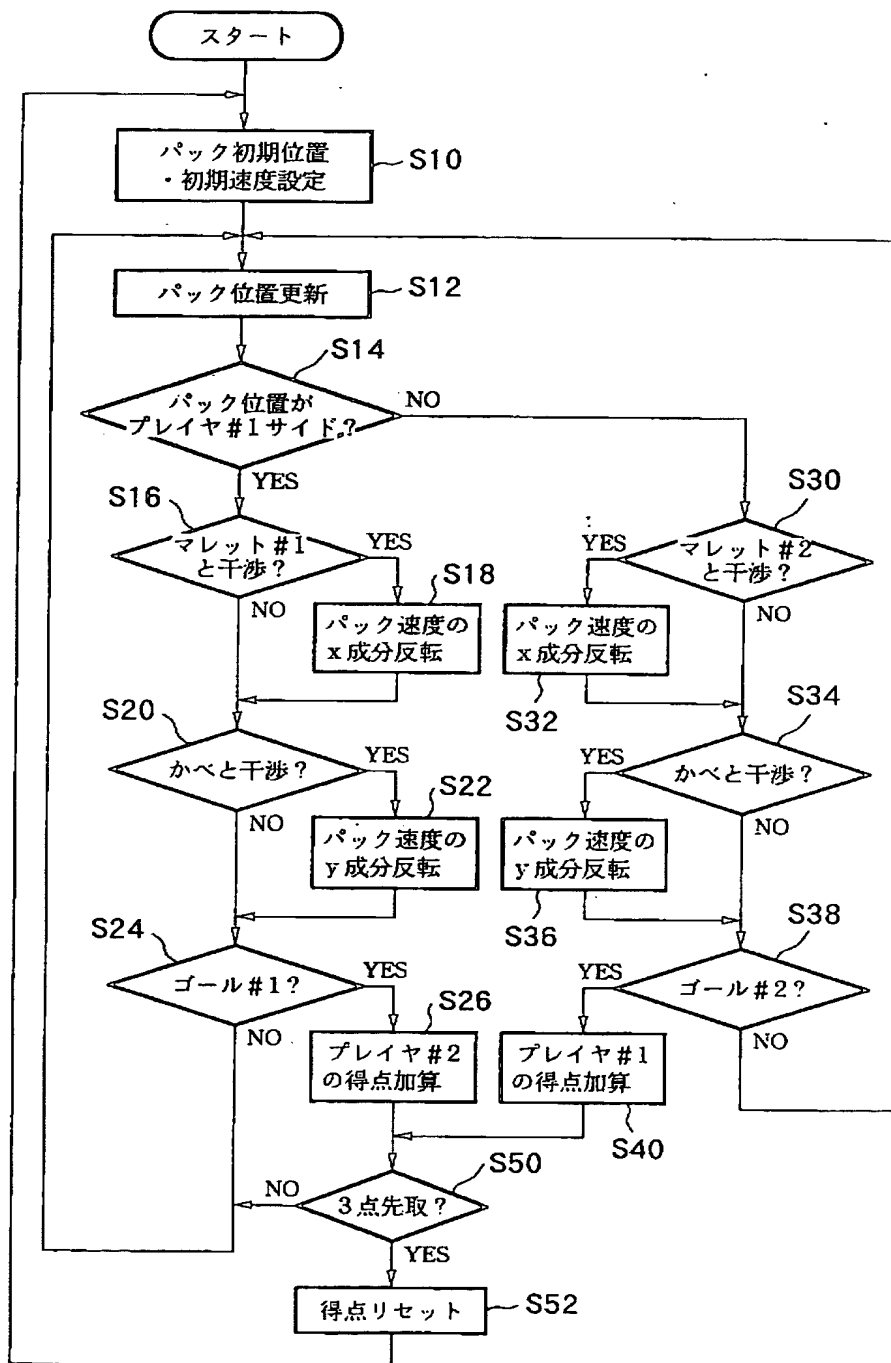
【図 13】



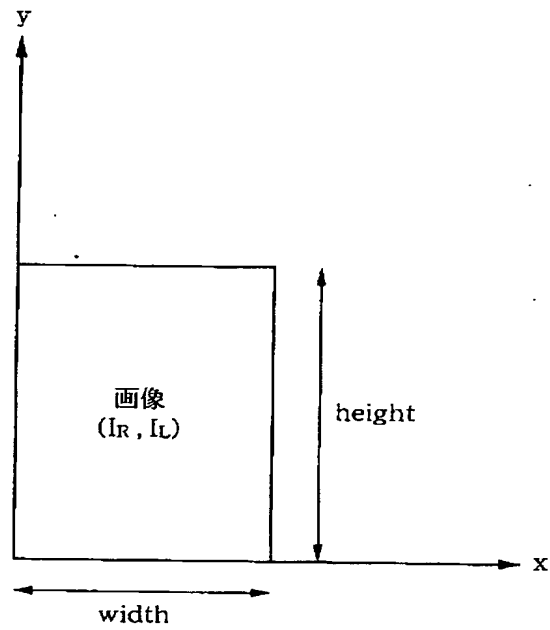
【図 14】



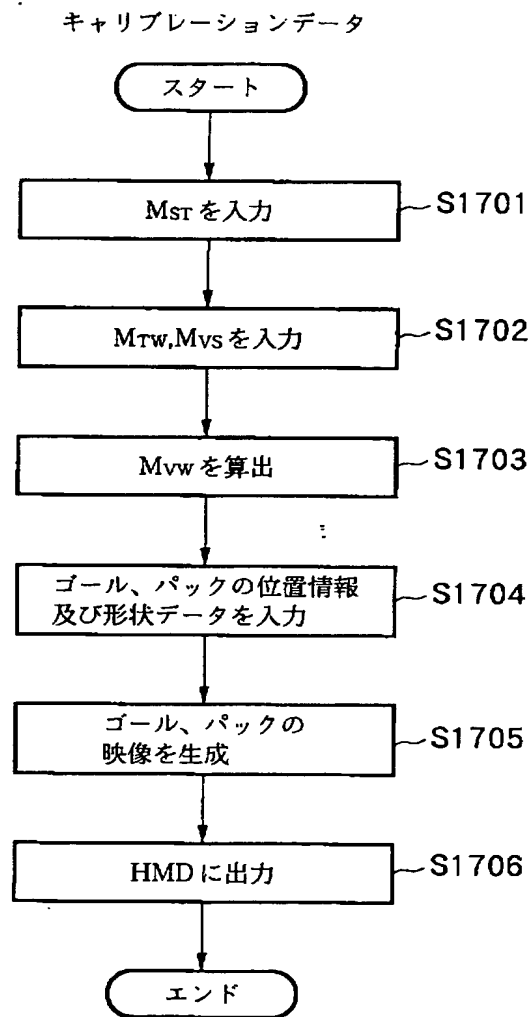
【図15】



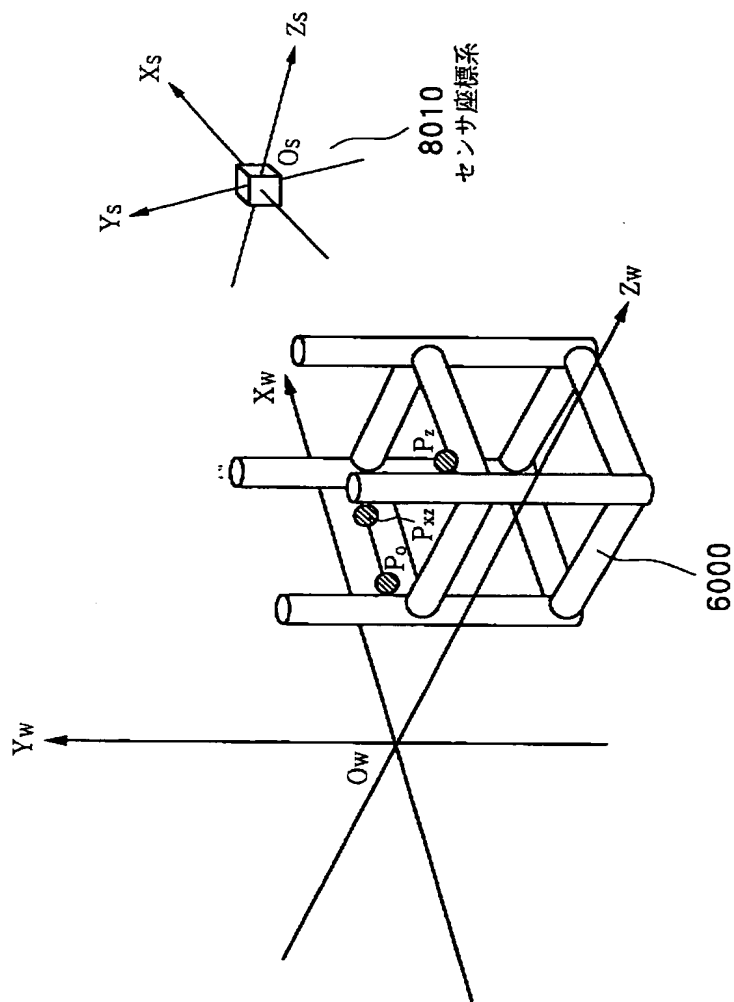
【図 16】



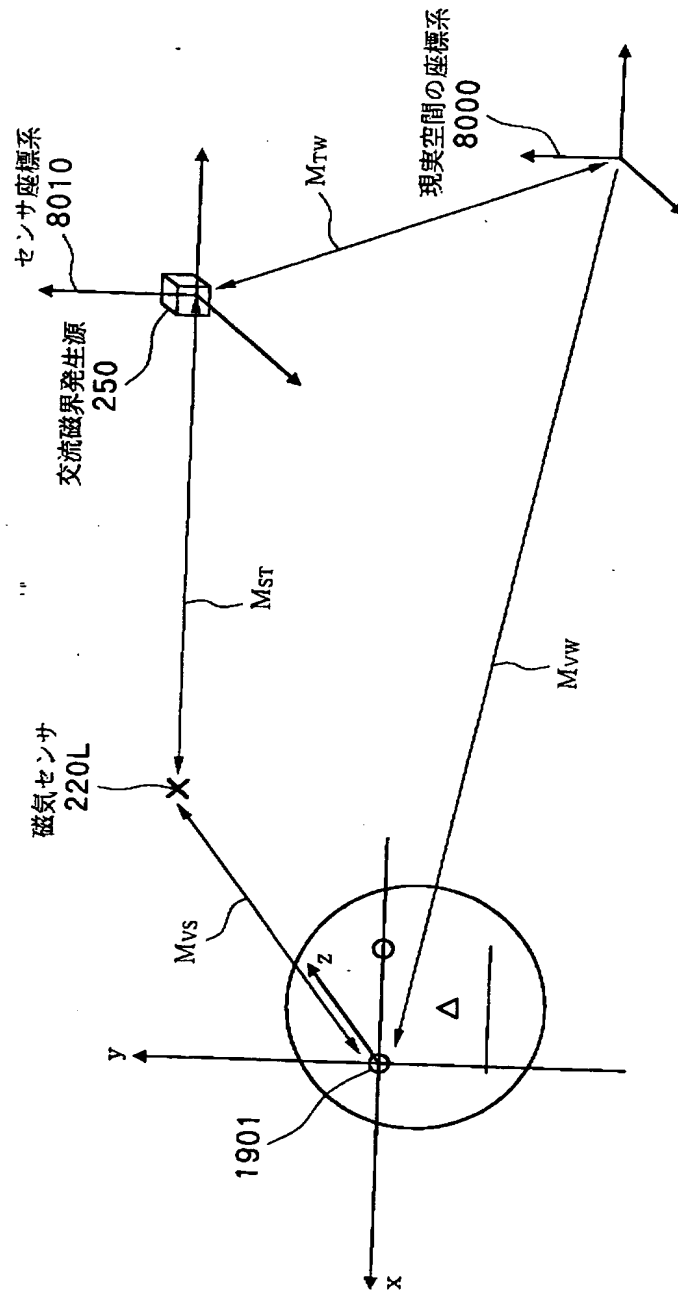
【図 17】



【図18】

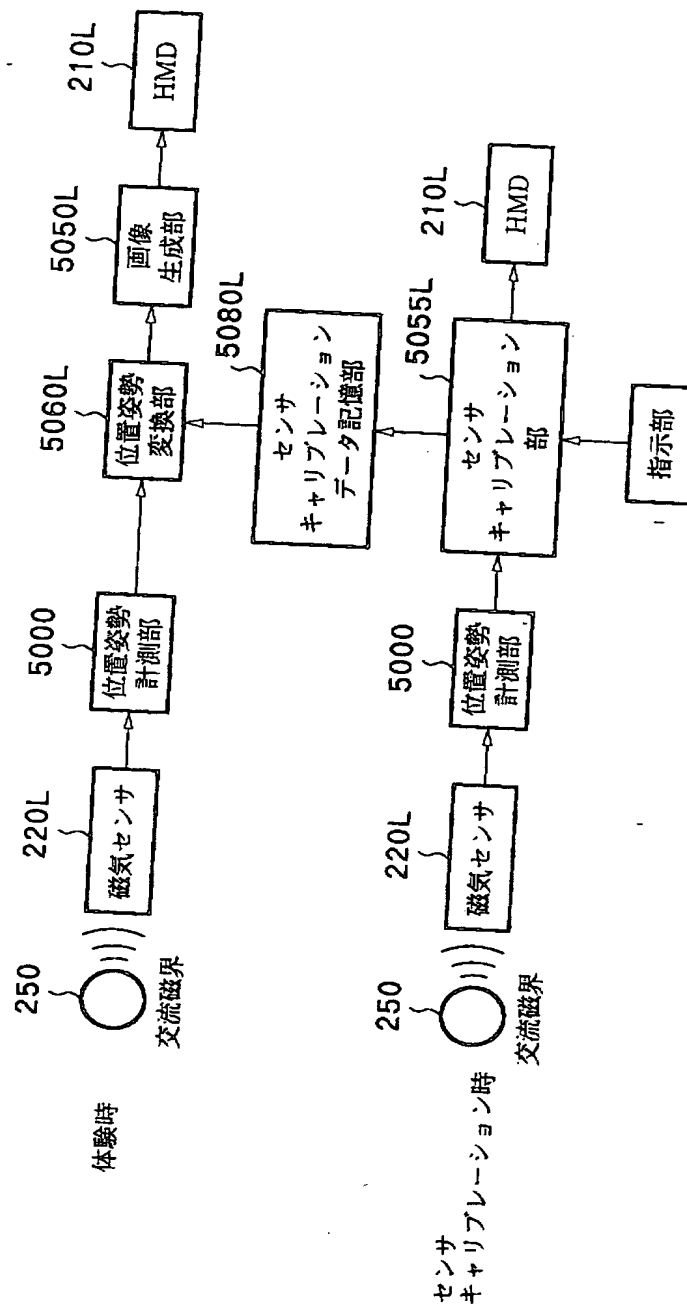


【図 19】





【図 20】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 センサ座標系におけるセンサの位置姿勢を世界座標系における計測対象の位置姿勢に変換するための情報を取得すること。

【解決手段】 キャリブレーションは、HMD 2 1 0 L を装着したプレーヤの視点 1 9 0 1 の位置姿勢  $M_{VW}$  をある予め定めた位置姿勢  $M^0_{VW}$  に移動させて、その時点での位置姿勢計測部 5 0 0 0 の出力  $M^0_{ST}$  を取得することで行われる。プレーヤあるいは不図示の操作者は、指示部 5 0 9 0 L を用いて、視点 1 9 0 1 が位置姿勢  $M^0_{VW}$  に位置していることを入力する。キャリブレーション部 5 0 5 5 L は、指示部 5 0 9 0 L への入力に従って、その時点（すなわち、視点 1 9 0 1 が位置姿勢  $M^0_{VW}$  に位置している時点）における位置姿勢計測部 5 0 0 0 の出力  $M^0_{ST}$  を入力し、位置姿勢  $M^0_{VW}$  と位置姿勢  $M^0_{ST}$  に基づいてキャリブレーションデータ  $M_{VS}$  及び  $M_{TW}$  のうちの未知の値を算出し、キャリブレーションデータ記憶部 5 0 8 0 L に出力する。

【選択図】 図 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [397024225]

1. 変更年月日 1997年 5月 7日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県横浜市西区花咲町6丁目145番地

氏 名 株式会社エム・アール・システム研究所